

최 종
연구보고서

토양개량용 광합성미생물제제의 개발
Development of Microbial Soil Conditioner Using
Photosynthetic Bacteria

주관연구기관
(주)두산에코비즈넷

협동연구기관
전라남도 농업기술원 친환경연구소

농림수산식품자료실



0016213

농림수산식품부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “토양개량용 광합성미생물제제의 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2008 년 07 월 31 일

주관연구기관명 : (주)두산에코비즈넷

총괄연구책임자 : 조 정 섭

세부연구책임자 : 임 태 빈

연 구 원 : 정 해 윤

연 구 원 : 박 재 호

협동연구기관명 : 전라남도 농업기술원

협동연구책임자 : 김 현 우

연 구 원 : 최 경 주

연 구 원 : 정 병 준

연 구 원 : 이 유 석

요 약 문

I. 제 목

토양개량용 광합성미생물제제의 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

최근 국내 및 국외는 산업전반에 걸친 고도발전을 토대로 삶을 영위하며 이로 인해 발생한 오염과 공해 속에서 건강을 생각하고 추구하며 살아가고 있다. 즉, 최근 트렌드가 된 웰빙은 이제 단순한 서비스나 제품을 얘기하지 않고, 깊게는 1차 산업 전반에 걸쳐 누구 할 것 없이 관심과 신경을 곤두세우고 있다. 그러나 우리의 농업 현실이 이를 충족시키기에는 그 동안의 행했던 증산위주의 다비재배를 위한 비료, 농약 등의 사용이 너무 과다했음으로 인해 힘겹게 느껴질 뿐이다. 이에 식량부족에 대한 우려와 F T A 등을 고려한다면 국내 농업 환경의 한계를 극복해야 하며, 극복하기위한 최선의 방법은 친환경적인 지속가능한 농업을 영위하여야 할 것이다. 지속가능한 농업은 지금까지 행하던 비료와 농약을 뒤로하고 미생물과 천연물질을 이용한 농자재의 활용으로 실천이 가능하며, 국내 미생물의 품질과 유통상의 문제점을 명확히 하여 사용한다는 방법론에 만족하는 것이 아닌 실질적으로 이들의 사용으로 효과를 거둘 수 있어야 할 것이다. 본 연구는 토양개량, 작물성장 등을 목적으로 사용되어지고 있는 미생물제제가 생산 당시의 품질을 사용자가 사용할 때까지 최대한 유지가 될 수 있도록 하여 농가의 수입증대에 직접적으로 이바지할 수 있도록 하는 것이다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

광합성미생물의 토양개량효과에 대한 data를 확보하기 위해 는 토양과 시설재배 토양에 균체농도별, 배양 상등액 농도별 그리고 타 미생물제제와의 비교를 위해 최근 가장 많이 사용되어지고 있는 EM제와 비교하였다. 비교항목으로는 토양 입단형성능, 토양 미생물 변화, 효소생성을 기본으로 이를 바탕으로 얻어질수 있는 작물의 영양성분 분석과 작물의 수율을 관찰하였다. 또한 이러한 미생물제제의 제형과 토양 적응력을 관찰하였다. 토양 적응력은 염분집적에 대비한 내염성, 토양침투 및 흡수 이후의 산소에 대한 호기· 혐기적 조건에서의 활성, 토양 내 활착을 위한 양분요구도 등을 실험하였으며, 생산 및 유통기간 내의 제품의 품질유지를 위한 생산공정 개선, 보존제를 통한 활성유지 방법을 실험하였다.

Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

광합성미생물은 일본으로부터 연구되어온 다양한 분야에서 활용되는 미생물 중 하나이다. 그러나 실질적인 연구결과 및 보고는 국내 환경이 아닌 일본 환경에 맞게 알려져 있으며, 이를 위한 연구를 본 과제를 통해 진행하려 했다. 1차년도 과제가 종료된 시점에서 본 과제를 수행한 결과, 광합성 미생물의 사용은 단독 처리했을 경우보다는 기초비료가 투입된 이후 지속적인 토양개량을 위해 투입되는 것이 좋게 나타났다. 이는 토양개량이 단순하게 화학비료와 농약과 같이 투입 순간 작용하여 그 효과 및 약해가 나타나는 것이 아니기 때문이다.

본 연구결과를 완성하기 위해서는 약 7개월간의 광합성미생물제 처리가 아닌 꾸준한 처리를 통해 토양개량 효과를 봐야 할 것이며, 이를 토대로 친환경 유기농자재 등록을 위한 준비를 할 수 있을 것이다. 미생물제제의 무분별한 사용과 현장에서의 난립을 막아 농가 피해를 줄임과 동시에 사용에 따른 기대수익을 창출하기 위해서는 사용법과 품질이 잘 갖춰진 미생물제제의 보급에 힘을 써야 할 것이다.

SUMMARY

(영문요약문)

We are studied to develop a new microbial soil fertilizer using the photosynthetic bacteria and the effect proved through test on paddy and vinyl house soil. The goal is to develop the microbial fertilizer that will be use on the sustainable environmental friendly agriculture without the change of quality during marketing.

Firstly, we are focus on formulation and soil adaption of microbial agent. Because formulation is important on microbial agent that quality control from produced to delivered user and soli adaption is a necessary condition. Photosynthetic bacteria can grow on both condition aerobic and anaerobic(aerobic> anaerobic), accumulated salt soil(0.5 ~ 1.5%). To preserve of quality condition from product to using, have to making formulation to frozen or freeze dried microbial agent and using cryoprotectant agent as Skim-milk 5%+MSG 7.5%+Asocorbic acid 0.5%+Ascorbate 0.5% prevent to falling off in quality.

Secondly, we obtained results of soil application and response on the crop were summarized as follows :

- In case of paddy soil, the treatments of soil fertilizer tended to the ratios of K/Ca and K/Mg, the soil aggregation was increased to 2 ~ 2.7 times and the ratio of nitrogen uptake was improved to 16%.
- In vinyl house soil, cucumber was cultivated the treatments of soil fertilizer tended to increase the soil aggregation to 1.8 times compare to the control. The activities of glucosidase and arylsulfatase increased and the population of microorganism in the soil tend to improve. The yields of treatment of microbial fertilizer and fermented supernatant was increased by 9% and 17%, respectively compared to the control because of the improvement of absorption of nutrient

Key Words : Environmental Friendly Agriculture, Photosynthetic bacteria, soil improvement, Cucumber, Rice

CONTENTS

Chapter 1. Summary of research development

- Section 1. Purpose of research development (8)
- Section 2. Necessity of research development (9)

Chapter 2. Present state of research development

- Section 1. Research development in inside(domestic) (13)
- Section 2. Research development in outside(foreign) (16)

Chapter 3. Development and product of Photosynthetic Bacteria agent

- Section 1. Method of a field and performance on research (17)
- Section 2. Contents of research performance (18)
- Section 3. Result and discussion (22)

Chapter 4. Study on effect of soil improvement and response on the crop

- Section 1. Method of a field and performance on research (40)
- Section 3. Result and discussion (43)

Chapter 5. Object achievement and contribution of relation field

- Section 1. A point of research an objective achievement (62)
- Section 2. Research development performance and object achievement (64)

Chapter 6. Application of research development result

- Section 1. Recommendation of further study (66)
- Section 2. Production development (66)
- Section 3. Application plan and results (67)

Chapter 7. Reference

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요

- 제 1 절 연구개발과제의 목적 (8)
- 제 2 절 연구개발과제의 필요성 (9)
 - 1. 기술의 경제적·산업적 중요성 (9)
 - 2. 연구개발과제의 필요성 (11)

제 2 장 국내외 기술개발 현황

- 제 1 절 국내 기술개발 현황 (13)
- 제 2 절 국외 기술개발 현황 (16)

제 3 장 토양개량용 광합성미생물제제의 개발 및 제품화

- 제 1 절 연구범위 및 연구수행 방법 (17)
- 제 2 절 연구개발수행 내용 (18)
 - 1. 광합성미생물의 토양적용을 위한 생리, 생태, 배양학적 특성조사 (18)
 - 2. 토양개량용 광합성 미생물제제의 제형화 (19)
- 제 3 절 연구개발수행 결과 (22)
 - 1. 광합성미생물의 토양적용을 위한 생리, 생태, 배양학적 특성조사 (22)
 - 2. 토양개량용 광합성 미생물제제의 제형화 (30)

제 4 장 광합성미생물제제의 토양개량효과 및 작물반응연구

- 제 1 절 연구개발수행 내용 (40)
 - 1. 논 유기재배 토양의 광합성미생물제제 처리에 따른 토양개량효과 (40)
 - 2. 오이 유기 시설 재배 토양의 광합성미생물제제 처리에 따른 토양개량효과 (41)
- 제 2 절 연구개발 수행 결과 (43)
 - 1. 논 유기재배 토양의 광합성미생물제제 처리에 따른 토양개량효과 (43)
 - 2. 오이 유기 시설 재배 토양의 광합성미생물제제 처리에 따른 토양개량효과 (52)

제 5 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 연구목표 평가의 착안점 (62)

1. 연구개발의 목표 (62)
2. 평가의 착안점 및 기준 (63)

제 2 절 연구개발 수행내용 및 목표달성도 (64)

1. 연구개발 목표 달성도 (64)
2. 평가의 착안점에 따른 목표달성도에 대한 자체평가 (65)

제 6 장 연구개발결과의 활용계획

제 1 절 추가연구의 필요성 (66)

제 2 절 기업화 추진방안 (66)

제 3 절 활용 계획 및 실적 (67)

제 7 장 참고문헌

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발과제의 목적

우리나라의 농업은 70년대 이후부터 증산 위주의 다수성 품종 및 고투입 농법에 의한 다비재배로 인해 녹색혁명을 달성하였으나, 농경지 토양은 비료와 농약의 과다 사용 등으로 생태계파괴와 토양 및 수질오염 등 농업환경이 악화되어 지속가능한 농업생산이 위협받기에 이르렀다.

또한 최근 웰빙 붐과 함께 우리나라에도 친환경농업과 유기농산물에 대한 관심이 증대되었으나 유기농업을 실천하는 농민들이 경제적 이득을 위해서 작물재배에만 초점을 맞추어 유기농업에 실패하는 경우를 종종 볼 수 있다. 농업에서 가장 중요한 것은 토양의 조건이다. 양질의 토양은 미생물들을 포함해서 여러 살아있는 유기체들로 구성된다. 토양 미생물들은 여러 가지 유기물질들을 식물이 흡수할 수 있는 작은 물질로 분해해 줌으로써, 직·간접적으로 성장을 자극하게 된다. 또한, 근권 주위에 살고 있는 근권 미생물들은 뿌리를 에워싸고 있어서, 토양으로부터 오는 여러 병원균들에 대해 방패 역할을 수행하기도 한다. 토양 속에서 유지되고 있는 미생물 군락은 화학 비료와 농약의 과용으로 그 평형이 종종 깨어진다. 연작 또한 토양을 황폐화 시키고 고질적인 각종 병충해의 요인이 된다. 이때 미생물제제를 토양에 살포하게 되면, 토양 미생물들이 다시 군락을 형성하게 되고 친환경적인 방법으로 식물이 건강하게 성장할 수 있는 비옥한 토양으로 변하게 된다. 미생물농약을 사용한 경우에는 특정 미생물에 의해 항생물질이 생산되어 길항작용 및 항생성을 나타내게 되어 식물병해를 방제할 수 있다. 즉, 미생물제제는 토양을 비옥하게 해주고 작물의 생산량 증대를 가져오는 효과(비료효과)와 식물 병해를 일으키는 병원균의 활동이나 감염을 억제하는 효과를 가진다(농약효과). 본 연구는 농업분야에 유용한 광합성미생물을 중심으로 한 토양개량용 미생물제제를 개발하고 현장실험을 통하여 효과를 검증하며, 최종적으로 이를 제품화하는 기술을 개발하여 유통과정에서의 품질변화 없이 유기농 농가에서 활용할 수 있는 최고의 제품을 개발하는 것을 목적으로 한다.

제 2 절 연구개발과제의 필요성

1. 기술의 경제적·산업적 중요성

우리나라의 농업은 증산시책 추진으로 국민의 식량문제 해결에는 크게 기여하였으나, 농약과 화학비료의 과다 시용으로 농업용수가 오염되는 등 농업환경 오염이 증가하였고 지속 가능한 농업생산이 위협을 받고 있다. 또한 최근 국민경제가 발전하여 소득수준이 향상되면서 소비자들은 고품질 안전 농산물을 희망하고 있으며, 친환경 농산물에 대한 소비자의 인식이 크게 전환되어 비록 가격이 일반 농산물에 비해 비싸다 하여도 건강과 환경보전을 고려하여 유기농산물 등 친환경 농산물을 소비하려는 경향이 차츰 증가하고 있다. 이와같이 환경보전과 식품안전에 대한 소비자의 관심증대와 정부의 친환경 농어 육성정책 추진으로 친환경농산물 생산량이 2000년 이후 매년 80 ~ 100% 이상 증가하고 있다.

Table 1. 친환경 농산물 생산 추이 (단위: 천톤, %)

구분	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05
■ 친환경농산물 인증량	27	35	87	200	365	461	798
■ 유기농산물 ¹⁾	7	6	11	21	33	37	68
■ 무농약농산물 ²⁾	12	16	32	77	120	167	242
■ 저농약농산물 ³⁾	8	13	44	102	212	257	488
■ 전체농산물대비 비중	0.1	0.2	0.4	1.1	2.1	2.5	4.4

* 자료 출처; 농림부 친환경농업정책과

- 1) 유기농산물 : 농약과 화학비료를 사용하지 않고 재배
- 2) 무농약농산물 : 농약은 사용하지 않고, 화학비료는 권장시비량의 1/3이하로 재배
- 3) 저농약농산물 : 화학비료·농약을 기준량의 1/2이하 사용, 제초제 사용불가

Table 2. 일반농산물과 친환경농산물의 가격비교

(원/kg)

구분	평균(19품목)	쌀(1)	채소(16)	과실(2)
친환경농산물(A)	8,132	4,227	8,675	5,840
일반농산물(B)	4,537	2,418	4,686	4,408
대 비(A/B, %)	179.5	174.8	185.1	132.5

* 전국 5대 도시 17개 매장 방문조사('04. 4, 유통공사)
 * 수급상황 등 조사시점의 수급여건에 따른 변수는 미고려

친환경농산물의 경우, 일반농산물보다 소비자가격대비 1.3 ~ 3.5 배 높게 형성되고 있으며, 이는 농가소득에도 영향을 크게 미치는 것으로 나타난다. 최근 F T A 협상 등 국제정세가 세계시장개방형으로 바뀌어감에 따라 값싼 외국농산물과의 경쟁이 불가피하다. 값싼 외국농산물과의 경쟁에서 이기는 길은 품질 고급화 즉, 소비자가 원하는 고품질 안전농산품을 생산함에 따라 국가경쟁력을 높일 수 있다.

Table 3. 국가별 시장현황

국가명	시장 현황 및 정책
말레이시아	생물비료에 대한 관심 급증, 근류균제와 마이코리자 등의 미생물 제품
베트남	1982년부터 생물비료 프로젝트 수행, 다양한 생물비료 개발 중
인도	토양개량을 목적으로 생물비료 개발 생산(생산량 약 100,000톤)
인도네시아	근류균을 이용한 생물학적 질소고정 연구 널리 수행, 「Rhizoplus」와 「Bio-fosfat」 제품의 특허 획득.
일본	다양한 종류의 미생물 관련 제품 유통, 「Mame-Zo」, 마이코리자 등의 제품
중국	연간 약 600,000톤의 생물비료사용, 「Zhonghe」, 「Shenli」, 「Qianxi」, 「Feiligao」 등의 제품
캐나다	양분생산 및 공급, 토양에 있는 식물양분의 유효도 증진, 식물생육촉진 및 토양 물리성 개량 등의 미생물제제
태국	농업용 미생물제제연구가 생물공학 연구분야에서 중요한 부분을 차지, 미생물제제의 사용 농업용지 면적은 약 70,000ha
필리핀	농업청 주관으로 질소고정, 인산전환, 퇴비 가용화 미생물제제 개발연구 진행

Table 4. 국가별 미생물제제 사용면적

국가명	인도네시아	말레이시아	베트남	태국	필리핀
사용면적(ha)	8,100	70,000	135,000	70,000	1,500,000

2. 연구개발과제의 필요성

기술의 경제적·산업적 중요성에서 언급된 바와 같이 친환경농업·지속가능한 농업을 위해서는 기존의 화학비료, 농약의 사용을 배제하고, 농업의 근원인 토양을 개량하여 환경오염의 방지, 작물의 품질, 증수효과 등의 개선을 위해 노력해야 한다.

미생물제제의 국내 시장은 아래 Table 5.와 같이 거대한 규모에 많은 생산업체들이 매진하고 있다. 그러나 미생물의 특성상 보존기간이 짧고, 유통상 품질 이상으로 인해 시장에서의 반응은 그리 좋지 않은 편이며, 난립되어 있는 상황이다.

Table 5. 국내 미생물제제 시장규모

구분	세부 항목
생산실적(ton)	5,707
시장규모(억원)	854
생산업체수(수입업체 포함)	61

토양개량에는 다양한 제품(재료)이 사용되어지고 있으나, 대다수가 입상의 규산과 석회를 주성분으로 한 중점토의 입단조성을 조장하는 등과 같이 토양의 이화학적 성질을 개선하기 위하여 사용되는 비료 이외의 물질을 말한다.

그러나 본 과제에서 개발하려는 미생물제제는 기존의 토양개량제(규산, 석회 주성분)가 갖는 효과외에도 작물에 직접적으로 미치는 영향까지도 고려하여 새로운 토양개량용 미생물제제를 개발하려는 것이다.

Table 6. 토양미생물제제의 역할

토양에서의 역할	세부내용	토양미생물종류
퇴비부숙제	퇴비의 부숙진행을 촉진하며 미생물이 각종 생리활성 물질을 만듦.	유산균, 효모, 호기성균, 유익곰팡이, 광합성세균 등
토양개량제	토양 병원 미생물에 의한 연작장해 해소, 토양의 토질향상	광합성세균 , 질소고정균, 마이코플라자
길항미생물	농약적 효과 및 곰팡이성, 세균성 병해 저항성 증대	BT제, 선충포식균, 방선균, 항균물질 생성 곰팡이
생리활성제	착색촉진, 당도증진, 뿌리의 활력유지, 잎을 두텁게 함.	광합성세균 , 유익세균
기타(악취 제거제, 신선도 유지제)	농산물의 선도유지	광합성세균 , 유산균

Table 6. 과 같이 미생물제제의 토양과 작물에 미치는 영향은 다양하고 그 효과 또한 이전 비료 및 농약의 기능에 뒤지지 않는다. 다양한 토양미생물 중에서도 본 과제는 토양에서 퇴비부숙제, 토양개량제, 생리활성제, 기타(악취제거제, 신선도유지제) 등의 역할을 하는 광합성미생물을 이용한 토양개량용 미생물제제의 개발을 하려 한다.

※ 광합성미생물의 농업에서의 특징

- 식물의 뿌리에 해로운 유화수소를 먹어서 무해화, 활성화
- 공기속의 질소를 고정해서 생식생장을 높이는 프롤린 등의 아미노산 생산
→ 식물의 뿌리 정착 증가, 등숙 향상
- 혐기성 조건에서 빛을 받아 특이한 광합성 기능을 수행
- 생리활성물질(비타민, 항균물질)을 뿌리에 제공
- 단백질 함량이 높고 각종필수 아미노산과 균체 내 천연 색소인 카로티노이드를 다량함유
- 작물 생식인자인 프롤린, 우라실 생산
- 유해가스인 황화수소, 암모니아 분해 / 제거
- 뛰어난 질소고정능력

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내 기술개발 현황

미생물을 농업용(토양개량, 생육촉진, 퇴비부숙 등)으로 적용하여 생산된 제품은 무려 80여 품종이며, 이의 생산업체는 약 51개 업체이다. 이처럼 다양한 미생물제제가 있지만, 그 유효기간과 보증균수는 1년과 $10^4 \sim 7$ cfu/ml의 액상제형으로 유통되고 있다.

그러나 미생물제제의 특성상 액상으로 실온 유통되었을 경우, 함유된 미생물들의 성장을 억제할 수 없어 품질이 저하되거나, 심지어 부패되는 경우도 있다. 이러한 현상을 방지하기 위해서 미생물제제는 가급적 상온에서의 유통은 지양해야 하며, 토양이나 대상작물에 투입되어 사용했을 때는 유용한 효과를 낼 수 있는 최소한의 미생물이 제품 내 보장되어야 한다.

토양미생물제제 생산업체와 다양한 제품이 있음에도 소비자로부터 불만의 목소리가 들리는 것은 모두 이러한 연유에서 시작된 것이며, 이외에도 미등록자가 배양 미생물제제가 시중에 유통되고 있다는 것은 더 큰 문제이다.

Table 7. 국내 농업용 미생물제제 생산업체

업체명	제품명	미생물 및 보증균수	유효기간	제형	용도
메가바이오텍(주)	썰라박, 생명탄입제, 풍년탄	<i>Pseudomonas cepacia</i> 2.0×10^6 cfu/g이상	-	액제	생육촉진
흙살림연구소	빛모음, 흙살림	<i>Rhodoseudomonas capsulata</i> 4.0×10^7 cfu 이상	1년	액제	토양개량 생육촉진
한국라이프(주)	아제론	<i>Saccharomyces clipsoideas</i> 2.0×10^5 cfu/g이상 <i>Streptomyces griseus</i> 3.0×10^5 cfu/g이상	-	입제	토양개량 퇴비부숙
투엠바이오연구소	바이코나1호	세균 1.2×10^9 cfu/g, 사상균 4.0×10^4 cfu/g	2년	입제	병해경감
	바이코나2호	세균 2.7×10^{10} cfu/g, 사상균 1.0×10^9 cfu/g	1년	입제	병해경감
한국유기농업개발(주)	VIP효소제	<i>Streptomyces griseus</i> 1.0×10^6 cfu/ml이상 <i>Lactobacillus sp.</i> 1.0×10^6 cfu/ml이상	2년	액제	생육촉진
	VIP부숙제	<i>Bacillus subtilis</i> 1.0×10^6 cfu/g이상	2년	입제	퇴비부숙

		<i>Cellulomonas sp.</i> 1.0×10^6 cfu/g이상				
고려바이오 연구소	슈퍼트리콤	<i>Bacillus subtilis</i> 1.0×10^7 cfu/ml이상 <i>Trichoderma harzianum</i> 1.0×10^7 cfu/ml이상	-	액제	토양미생물개선	
	그린박타	<i>Bacillus thuringiensis</i> 1.0×10^5 cfu/ml이상	-	액상	생육촉진	
한국 바이오 케미칼	썬박타골드	<i>Bacillus subtilis</i> 8.0×10^6 cfu/ml이상 <i>Enterobacter agglomerans</i> 3.0×10^6 cfu/ml이상 <i>Cellulomonas fimi</i> 2.0×10^6 cfu/ml이상 <i>Bacillus megaterium</i> 8.0×10^6 cfu/ml이상 <i>Staphylococcus xylosus</i> 2.0×10^5 cfu/ml이상 <i>Pseudomonas putida</i> 7.0×10^7 cfu/ml이상 <i>Pseudomonas fluorescens</i> 6.0×10^7 cfu/ml이상	2년	액제	비료분해 흡수촉진 유해세균 번식억제	
		게브자임	<i>Pseudomonas putida</i> 7.0×10^4 cfu/g이상	2년	분체	병해억제 생장촉진
		게버롱	<i>Pseudomonas putida</i> 4.0×10^6 cfu/ml이상	2년	액제	생장촉진
효성(주)	CAMP-P (카모-분말)	<i>Bacillus subtilis</i> 1.5×10^7 cfu/g이상 <i>Bacillus megaterium</i> 1.5×10^7 cfu/g이상	1년	입제 액제	생육촉진 퇴비부숙	
	CAMP-L (카모-액상)	<i>Pseudomonas putida</i> 1.5×10^8 cfu/g이상				
그린 바이오텍 (주)	그린올액제	<i>Bacillus subtilis</i> 1.0×10^6 cfu/ml이상 <i>Trichoderma harzianum</i> 2.0×10^7 cfu/ml이상	1년	액제	생육촉진	
	그린올 입제	<i>Bacillus subtilis</i> 1.0×10^6 cfu/ml이상 <i>Trichoderma harzianum</i> 2.0×10^7 cfu/ml이상	1년	입제	생육촉진	
	솔빛8호	<i>Bacillus subtilis</i> 1.0×10^9 cfu/ml이상 <i>Bacillus thuringiensis</i> 1.0×10^7 cfu/ml이상	1년	액제	생육촉진	
	그린올G 액상	<i>Bacillus subtilis</i> 1.0×10^7 cfu/ml이상	1년	액제	생육촉진	
	그린올G 분상	<i>Bacillus subtilis</i> 1.0×10^7 cfu/ml이상	1년	액제	생육촉진	
	뉴훤나라	<i>Bacillus sp.</i> (AC-1) 5.0×10^6 cfu/ml이상	1년	액제	생육촉진	
푸른농산	FM	<i>Lactobacillus confusa</i> 1.0×10^6 cfu/g이상	3년	입제	퇴비부숙	
	FM-골드	<i>Pichia anomalla</i> 1.5×10^4 cfu/g이상	1.8년	액제	토양개량	
코린 코리아(주)	Amo	효모균 2.7×10^5 cfu/ml, 초산균 1.07×10^5 cfu/ml, 유산균 4.0×10^5 cfu/ml 이상	1년	액제	퇴비부숙 생육촉진	
경기이노베 이티브	액티노그린	<i>Streptomyces sp.</i> WYE 324 1.0×10^6 cfu/ml이상	1년	액제	병해경감	
	바이오컨트롤	<i>Streptomyces sp.</i> WYE 20 2.0×10^5 cfu/ml이상	1년	액상	병해경감	
바이오컨트 롤(주)	그린케어	<i>Streptomyces sp.</i> CYD 20 1.0×10^5 cfu/ml이상	1년	액제	병해경감	
	태취컨트롤	<i>Streptomyces sp.</i> WYE 20 1.0×10^5 cfu/ml이상	1년	액제	병해경감	

서광 그린엠피(주)	테라-21	유산균 1.5×10^7 cfu/g이상	6개월	입제, 액제	퇴비말효 약취제거
등 총 51개 업체 80 품목					

제 2 절 국외 기술개발 현황

국외 미생물제제의 경우, 국내 수입업자에 의해 수입·유통되고 있으며, 그 현황은 Table 8. 과 같으며, 이의 제품 유효기간, 제형, 보증균수는 국내에서 생산·유통되고 있는 어느 제품들과 다를 것이 없다.

Table 8. 미생물제제 수입업체 신고현황

업체명	제품명	미생물 및 보증균수	유효기간	제형	용도
해성(주)	Trichoderma-HS	Trichoderma sp. 3.09×10^7 cfu/g	2년	분제	병해경감
삼원홍산	NK-52	<i>Bacillus subtilis</i> 1.0×10^6 이상 <i>Bacillus megaterium</i> 1.0×10^6 이상	3년	분제	토양개량 병해경감 분해촉진
유일(주)	바이오헌터	<i>Bacillus subtilis</i> 1.0×10^6 cfu/ml이상 <i>Bacillus thuringiensis</i> 1.0×10^7 cfu/g이상	2년	액제	생육촉진
	바이오엔자임	<i>Bacillus licheniformis</i> 1.0×10^6 cfu/g이상 <i>Bacillus thuringiensis</i> 1.0×10^6 cfu/g이상	2년	입제	토양활성
	바이오닥터	<i>Bacillus sp.</i> 1.0×10^6 cfu/ml이상	2년	액제	생육촉진
	췌리광	<i>Bacillus subtilis</i> 1.0×10^7 cfu/ml이상	2년	액제	생육촉진
태림제약(주)	마이티그로	<i>Baillus laterosporus</i> BOD 1.6×10^6 cfu/g 이상	3년	입제	토양활성 발효
서원양행(주)	TX-1	<i>Pseudomonas aureofaciens</i> 1.0×10^7 cfu/g이상	3개월	액제	-
총 10개 업체 총 13품목					

제 3 장 토양개량용 광합성미생물제제의 개발 및 제품화

제 1 절 연구범위 및 연구수행 방법

연구범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
□ 세부연구과제		
토양개량용 광합성 미생물제제제의 개발 및 제품화	○ 광합성미생물의 토양개량을 위한 생리, 생태, 배양학적 특성조사	○ 호기·혐기조건에서의 생육 ○ 내산, 내염, 내온성 ○ 다양한 영양원에 따른 성장 ○ 액비화 촉진 ○ 다양한 미생물과의 공생
	○ 광합성미생물의 토양적용을 위한 시제품 제작	○ 균체의 저장성 ○ 균체회수 방법에 따른 활성 ○ 제형화 및 저장성
□ 협동연구과제		
광합성미생물제제의 토양개량효과 및 작물반응	○ 벼 재배토양의 미생물제제 처리에 따른 토양개량효과 및 작물반응	○ 시험품종 : 벼(동진1호) ○ 처리내용 : - 균제별 : 무처리(관행), EM제, PSB균제 3처리 - 배양액 : 관행(관행)대비 배양액 처리농도 3처리 ○ 조사내용 : 작물생육 및 수량, 질소 고정능, 입단 형성능, 효소활성, 미생물상 등
	○ 오이 시설억제재배 미생물 제제 처리에 따른 토양개량 효과 및 작물반응	○ 시험시기 : 억제 ○ 처리내용 - 처리내용 : 무처리 대비 미생물 제제 2처리, 배양액 농도 3처리 ○ 조사내용 : (시험1)에 준하여 실시

제 2 절 연구개발수행 내용

1. 광합성미생물의 토양적용을 위한 생리, 생태, 배양학적 특성조사

가. 광합성미생물의 계통 분자분류학적 분석

하수 슬러리로부터 분리하여 내염성, 유기물분해능과 악취 제거능을 조건으로 스크리닝한 우수한 광합성미생물의 분자생물학적 특성은 ‘한국생명공학연구원 생물자원센터’에 의뢰하여 16S rDNA sequence 방법과 Phylogenetic tree-CLUSTAL X, MEGA 3 program을 이용하여 분석하였다.

나. 광합성미생물의 생리적 특성 조사

1) 재료 및 방법

가) 시험조건: 호기 또는 혐기 조건에서의 성장, 내염도

나) 내염도: 염분 농도에 따른 활성

염분농도	0.06%	0.4% ↑	1.0% ↑
토양피해도	적정농도	비료 장애 및 양분흡수정지	뿌리세포 탈수 및 고사

일반적으로 농토양의 경우, 관개수 내 염분농도가 0.5%만 되어도 뿌리 활착이 잘 안되는 것으로 알려져 있으며, 염류농도는 벼 보다는 발작물에 더 큰 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 이러한 결과는 하우스 밭 토양의 경우, 퇴비나 화학비료를 많이 사용하기 때문이다.

다. 다양한 영양원에 따른 성장도 조사

1) 재료 및 방법

가) 실험조건: 다양한 영양배지에서 광합성미생물의 성장

※ 71 Van Niel's medium

Reagent	Composition(L)
K ₂ HPO ₄	1g
Yeast extract	10g
MgSO ₄	0.5g
pH 6.8, buffering to 20% NaOH or HCl	

※ MYC medium

Reagent	Composition(L)
DL-Malic acid	1g
Yeast extract	3g
Casamino acid	2g
pH 6.8, buffering to 20% NaOH or HCl	

※ Basic medium

Reagent	Composition(L)	Reagent	Composition(L)
K ₂ HPO ₄	0.5 g	Tryptone Peptone	1 g
KH ₂ PO ₄	0.5 g	Yeast Extract	2 g
DL-Malic acid	2.7 g	TE	0.1 ml
Ammonium Phosphate	0.8 g	Vitamin	1 ml
MSG	3.76 g	CaCl ₂ (농축 배지)	0.5 ml
		MgSO ₄ (농축배지)	0.5 ml
pH 6.8, buffering to 20% NaOH or HCl			

2. 토양개량용 광합성 미생물제제의 제형화

가. 광합성미생물의 활성 유지를 위한 보존제 탐색

1) 재료 및 방법

가) 실험조건 : 보호제 첨가 광합성미생물 배양체의 온도에 따른 저장

※ 보호제 및 광합성미생물 조성

※ 미생물제제의 유통기간 입증 기준

품명	조성(%)
광합성미생물	12.7
P.E.G(#200)	1.0
Sucrose	1.02
NaCl	0.003
Water	85.25

온도조건	저장기간	보증 유효기간
50℃	1주일	3개월
	2주일	6개월
	4주일	12개월
	8주일	24개월

나. 광합성미생물의 균체회수를 위한 추출·농축 연구

1) 재료 및 방법

가) 실험조건

Tubular centrifuge, Pall-sep.를 이용한 균체 농축

Table 10. 광합성미생물의 농축 설비

농축설비명	관형원심분리기(Tubular Centrifuge)	원심분리농축기(Pallsep VMF 400)
규격	124 × 720mm	0.015
장비사진		
이용장소	춘천바이오산업진흥원	춘천바이오산업진흥원

2) 농축 광합성미생물의 저장성 TEST

다. 광합성미생물 배양액의 유기질 비료로서의 제품화를 위한 조성보완

1) 재료 및 방법

가) 실험조건

배양 상등액의 비료화를 위한 성분분석은 ‘전라남도 농업기술원’을 통하여 진행되었다.

나) 시험성적

4종 복합비료 양액용 또는 엽면시비용으로의 등록을 위한 절차였으나, 제품 등록을 위해 필요한 보증 성분의 함량 미달로 원래 계획대로 시행하고자 한다

면 화학비료(무기질비료)로의 등록이 불가피하기 때문에 미량요소를 바탕으로 한 미량요소복합비료로의 등록 전환 혹은 본 과제를 통해 도출된 재배시험성적을 토대로 작물성장촉진용 친환경유기농자재 등록을 목표로 진행될 것이다.

라. 광합성미생물제제의 보존제 확정 및 제형결정(유통기한, 품질향상 등)

1) 재료 및 방법

가) 실험조건 : 다양한 보호제를 이용한 동결과정 후 생존율

- (1) 기본 보호제의 선별
- (2) 혼합 동결보호제의 농도 및 혼합 비율 선별
- (3) 동결건조 시 생존율을 높이기 위한 첨가제의 선별
- (4) 동결 및 동결건조 제형의 저장성 test

제 3 절 연구개발수행 결과

1. 광합성미생물의 토양적용을 위한 생리, 생태, 배양학적 특성조사

가. 광합성미생물의 계통 분자분류학적 분석

하수 슬러리로부터 분리된 광합성미생물의 분자생물학적 특성은 16S rDNA sequence 방법과 Phylogenetic tree-CLUSTAL X, MEGA 3 program에 의해 Figure 1. 과 Table 9. 와 같이 학회에 보고된 국제공인 표준균주와 동일한 분류학적 위치를 갖는 *Rhodobacter azotoformans*로 판명되었다.

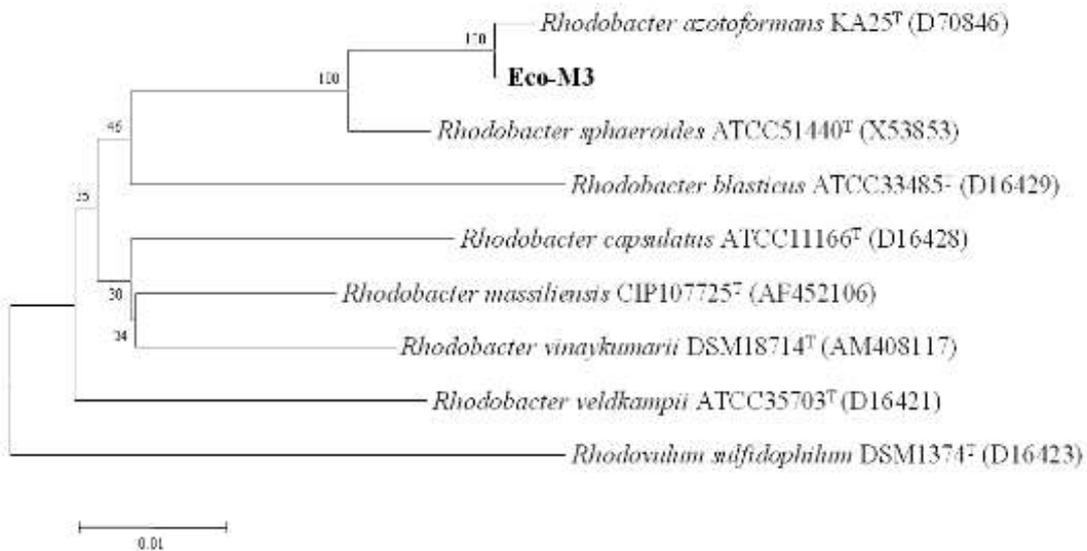


Figure 1. Neighbor-joining phylogenetic tree를 근거로 한 광합성미생물의 계통분자분류학적 위치(Eco-M3; 자사보유균주)

상기와 같이 분류된 *Rhodobacter azotoformans*는 홍색비유황세균에 속하는 광합성 미생물로 영양조건에 따라 구형 혹은 간상형을 띠게 된다 (Figure 2. 참조).

광합성미생물은 편모를 지니고 있어 관개수가 많은 논토양에 투입되더라도 운동성이 있어 토양층 깊숙이 뿌리 부근까지 접근하여 탄소동화, 질소고정이 유

동물질인 푸트레신, 황화수소의 제거를 하여 토양을 비옥하게 만드는 역할을 한다.



Figure 2. Rhodobacter azotoformans의 현미경사관(X 1,000)

Table 9. 16S rRNA gene sequence에 근거한 계통분자 분류학적 유사도

No.	Strain	Similarity(%)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	<i>Rhodobacter azotoformans</i>	100								
2	ECO-M3	99.62	100							
3	<i>Rhodobacter sphaeroides</i>	98.18	98.33	100						
4	<i>Rhodobacter blasticus</i>	94.68	94.69	94.84	100					
5	<i>Rhodobacter capsulatus</i>	94.64	94.85	95.61	95	100				
6	<i>Rhodobacter massillensis</i>	95.6	95.76	96.82	95.22	96.37	100			
7	<i>Rhodobacter vinaykumarll</i>	95.36	95.6	95.91	94.46	96.21	97.04	100		
8	<i>Rhodobacter veldkampii</i>	94.9	94.99	95.14	94.53	94.99	96.13	95.9	100	
9	<i>Rhodobacter sulfidophilum</i>	92.86	93.03	93.18	92.57	93.57	94.02	93.86	93.55	100

(Eco-M3의 sequences - 1369bases)

GGAATGCGGCAGCTACACATGCAAGTCGAGCGAAGTCTTCGGA CT TAGCGGCGGACGGG
 TGAGTAACGCGTGGGAACATGCCCAAAGGTACGGAATAGCCCCGGGAAACTGGGAGTAA
 TACCGTATGTGCCCTTCGGGGGAAAGATTTATCGCCTTTGGATTGGCCCGCGTTGGATT

AGGTAGTTGGTGGGGTAATGGCCTACCAAGCCGACGATCCATAGCTGGTTTGAGAGGAT
GATCAGCCACACTGGGACTGAGACACGGCCCAGACTCCTACGGGAGGCAGCAGTGGGGAA
TCTTAGACAATGGGCGCAAGCCTGATCTAGCCATGCCGCGTGATCGATGAAGGCCTTAG
GGTTGTAAAGATCTTTTCAGGTGGGAAGATAATGACGGTACCACCAGAAGAAGCCCCGGC
TAACTCCGTGCCAGCAGCCGCGGTAATACGGAGGGGGCTAGCGTTATTCGGAATTACTG
GGCGTAAAGCGCACGTAGGCGGACTGGAAAGTCAGGGGTGAAATCCCGGGGCTCAACCC
CGAACTGCCTTTGAAACTCCCAGTCTTGAGGTTCGAGAGAGGTGAGTGGAATTCCGAGT
GTAGAGGTGAAATTCGTAGATATTCGGAGGAACACCAGTGGCGAAGGCGGCTCACTGGC
TCGATACTGACGCTGAGGTGCGAAAGCGTGGGGAGCAAACAGGATTAGATACCCTGGTA
GTCCACGCCGTAAACGATGAATGCCAGTCGTCGGGCAGCATGCTGTTTCGGTGACACACCT
AACGGATTAAGCATTCCGCCTGGGGAGTACGGCCGCAAGGTTAAAACCTCAAAGGAATTG
ACGGGGGCCCGCACAAAGCGGTGGAGCATGTGGTTTAAATTCGAAGCAACGCGCAGAACCT
TACCAACCCTTGACATGGCGATCGCGGTTCCAGAGATGGTTCCTTCAGTTCGGCTGGAT
CGCACACAGGTGCTGCATGGCTGTCGTCAGCTCGTGTCGTCGAGATGTTTCGGTTAAGTCC
GGCAACGAGCGCAACCCACGTCCCTCAGTTGCCAGCATTCAGTTGGGCACTCTGGGGAAAC
TGCCGGTGATAAGCCGGAGGAAGGTGTGGATGACGTCAAGTCCTCATGGCCCTTACGGG
TTGGGCTACACACGTGCTACAATGGCAGTGACAATGGGTAAATCCCAAAAAGCTGTCTC
AGTTCGGATTGGGGTCTGCAACTCGACCCCATGAAGTCGGAATCGCTAGTAATCGCGTA
ACAGCATGACGCGGTGAATACGTTCCCGGGCCTTGTACACACCGCCCGTCACACCATGGG
AATTGGTTCTACCCGAAGGCGGTGCGCCAACCTCGCAAGAGGAGGCAGCCGACCACGTAG
ATCTT

나. 광합성미생물의 생리적 특성 조사

1) 시험결과

가) 호기 또는 혐기 조건에서의 성장 : 산소의 유무 및 농도에 따른
활성

토양 내 혹은 일반적인 미생물은 호기 또는 혐기적 조건에서 편성장하는 생
리적 특징을 가지고 있으나, 광합성미생물의 경우는 그림 3. 과 같이 호기·
혐기적 조건에서 모두 성장이 이뤄짐을 볼 수 있다. 그러나 혐기적 조건보다
는 호기적 조건에서의 성장이 좋다는 결과를 얻었다.

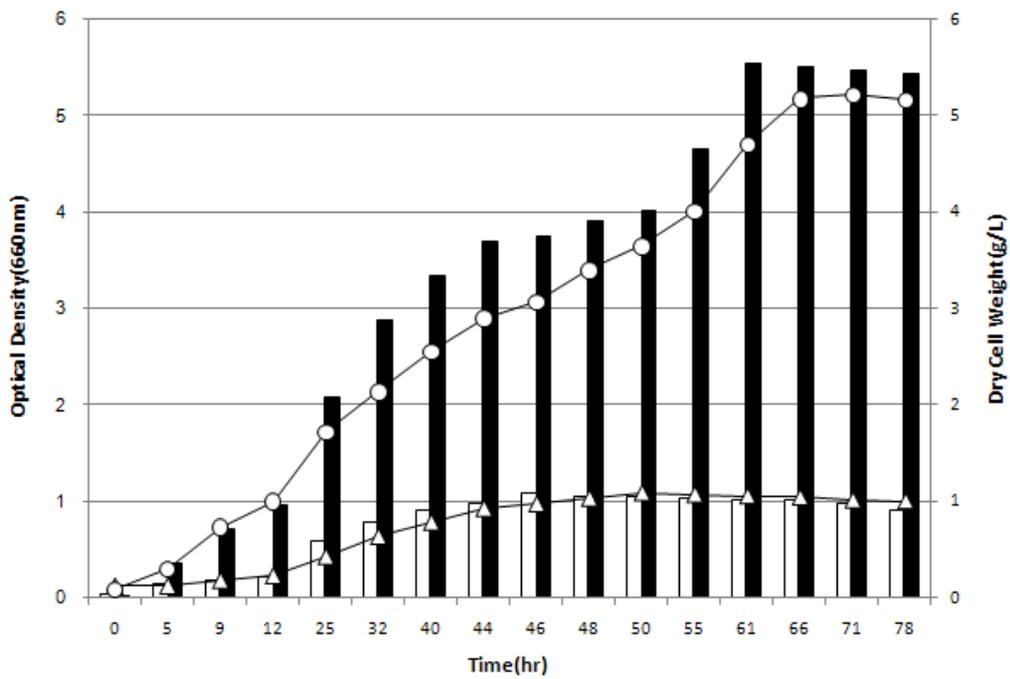
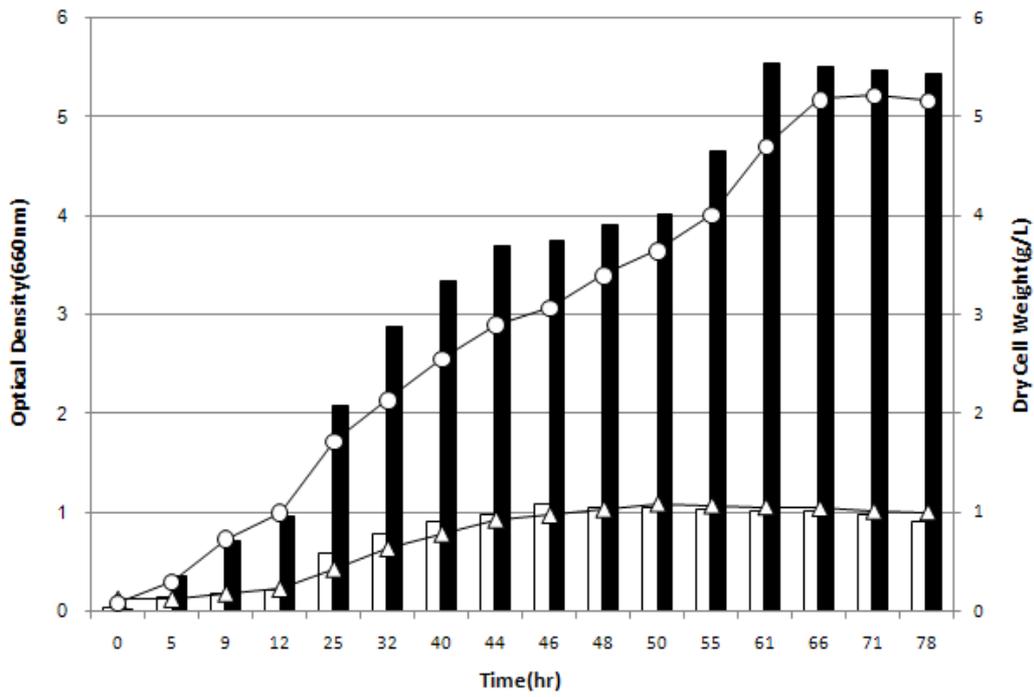


Figure 3. 호기·혐기적 조건에서 광합성미생물의 성장
 □ : 혐기조건 하 O.D., ■ : 호기조건 하 O.D., △ : 혐기조건 하 D.C.W., ○ : 호기조건 하 D.C.W.

나) 내염도

Figure 4. 는 광합성미생물이 다양한 염분농도에서의 생존율을 나타낸 것이며, 염분이 포함되지 않은 대조구보다 일정량의 염분이 포함된 (0.5% ~ 1.0%) 시험구에서의 활성이 더 우수한 것으로 나타난다. 그러나, 염분 농도 2.0% 이상에서는 활성이 저하되는 경향을 보이고 있다.

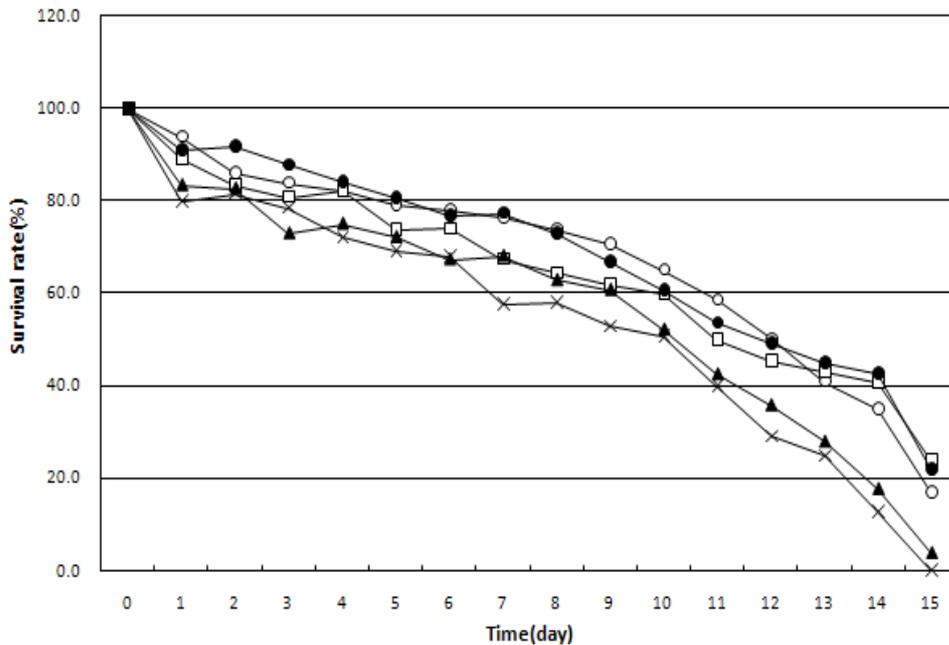


Figure 4. 염분농도에 따른 광합성미생물의 생존율
○ : 0%, □ : 0.5%, ● : 1.0%, × : 2.0%, ▲ : 3.0%

다. 다양한 영양원에 따른 성장도 조사

1) 시험결과

다양한 영양배지를 이용하여 광합성미생물을 배양한 결과, Basic medium에서 3.959, 71 Van Niel's medium에서 2.753, MYC medium에서 1.602로 가장 좋은 흡광도 값을 띠게 되었다. 배양시간에 따라 순차적인 상승경향을 보였으나, pH의 변화는 접종 이전 배양액의 기준 값에서 유도기를 거쳐 대수성장기 (exponential phase)로 진입할 때 까지 지속적으로 하강과 상승을 반복하여 낮게 유지된 후

대수성장기로 진입함에 따라 함께 상승하였다. 이러한 현상의 원인은 종균의 활성으로 비롯됐을 것으로 사료된다.

또한 생균수 변화 (Figure 4. (D) 참조)는 pH, O.D. 값의 변화와 같이 Basic medium에서 배양 89시간째 4.75×10^9 으로 가장 높게 생균수를 나타냈다.

그러나, 이는 수치적인 생균수의 비교 값에서의 우위이며, 배양시간 당 생균수의 증가속도를 비교한다면, 71 Van Niel's medium에서의 배양이 73시간째 4.00×10^9 으로 Basic medium의 5.34×10^7 cfu/ml·hr보다 높은 5.48×10^7 cfu/ml·hr로 관찰 되었다. 참고로 MYC medium에서의 생균수 증가 속도는 2.27×10^7 cfu/ml·hr이다.

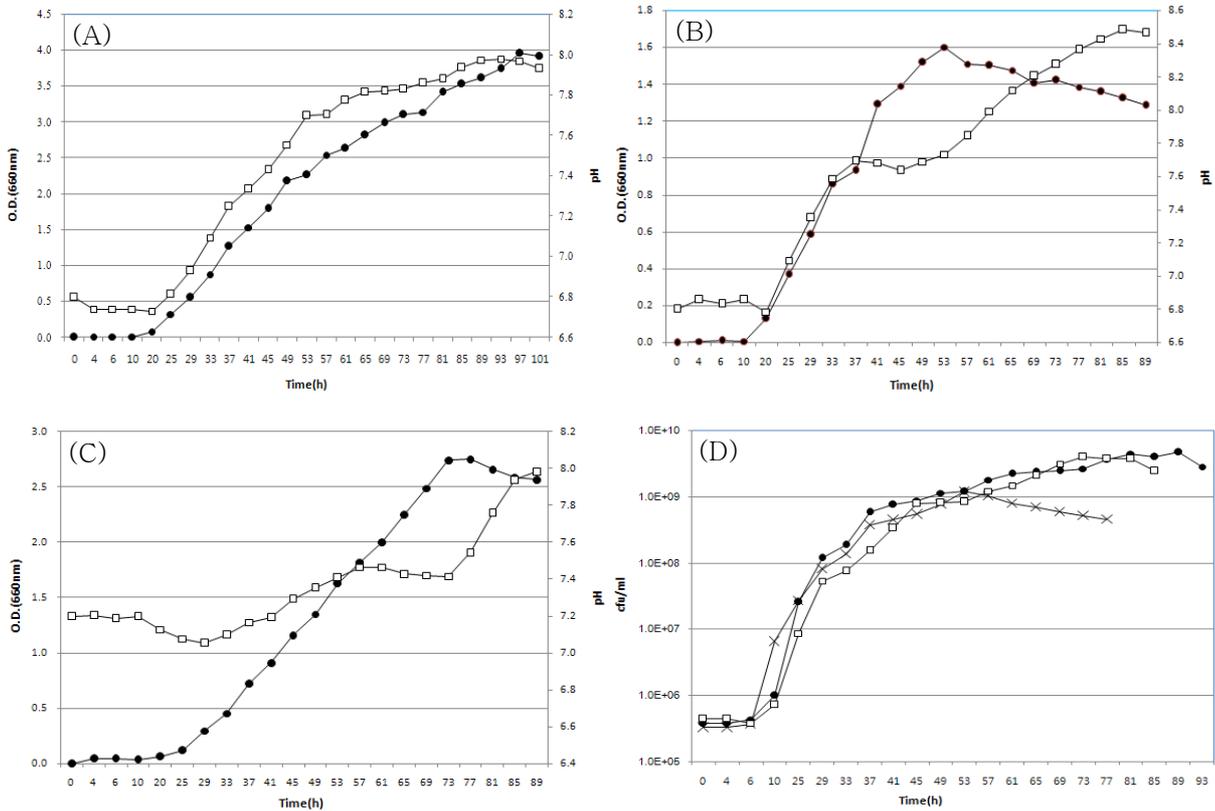


Figure 5. 다양한 영양배지에서 광합성미생물의 성장에 따른 pH, O.D. 및 생균수의 변화

(A) Basic medium (B) MYC medium (C) 71 Van Niel's medium. - (● : 흡광도, □ : pH) - (D) 각 영양배지에서의 생균수 변화 - (● : Basic medium, □ : 71 Van Niel's medium, × : MYC medium).

검출된 결과를 대상으로 판단한다면 광합성미생물 배양에 71 Van Niel's medium이 적합하다고 할 수도 있으나, 이는 총균수에 대한 100% 검증 data로는 부족하며, 미미한 차이이므로 실험상의 유의차라고 볼 수 있을 것이다.

또한, 배양색상의 변화와 상기 수치적인 data를 비교한다면, 색상발현 즉, 색소 생성에 영향을 미치는 요소는 C-source이며, 성장에 영향을 미치는 요소는 N-source임을 알 수 있으며, 광합성미생물이 질소고정을 통해 생육한다는 사실을 알게 되었다 (영양배지 조성표와 Figure 6. 참조)

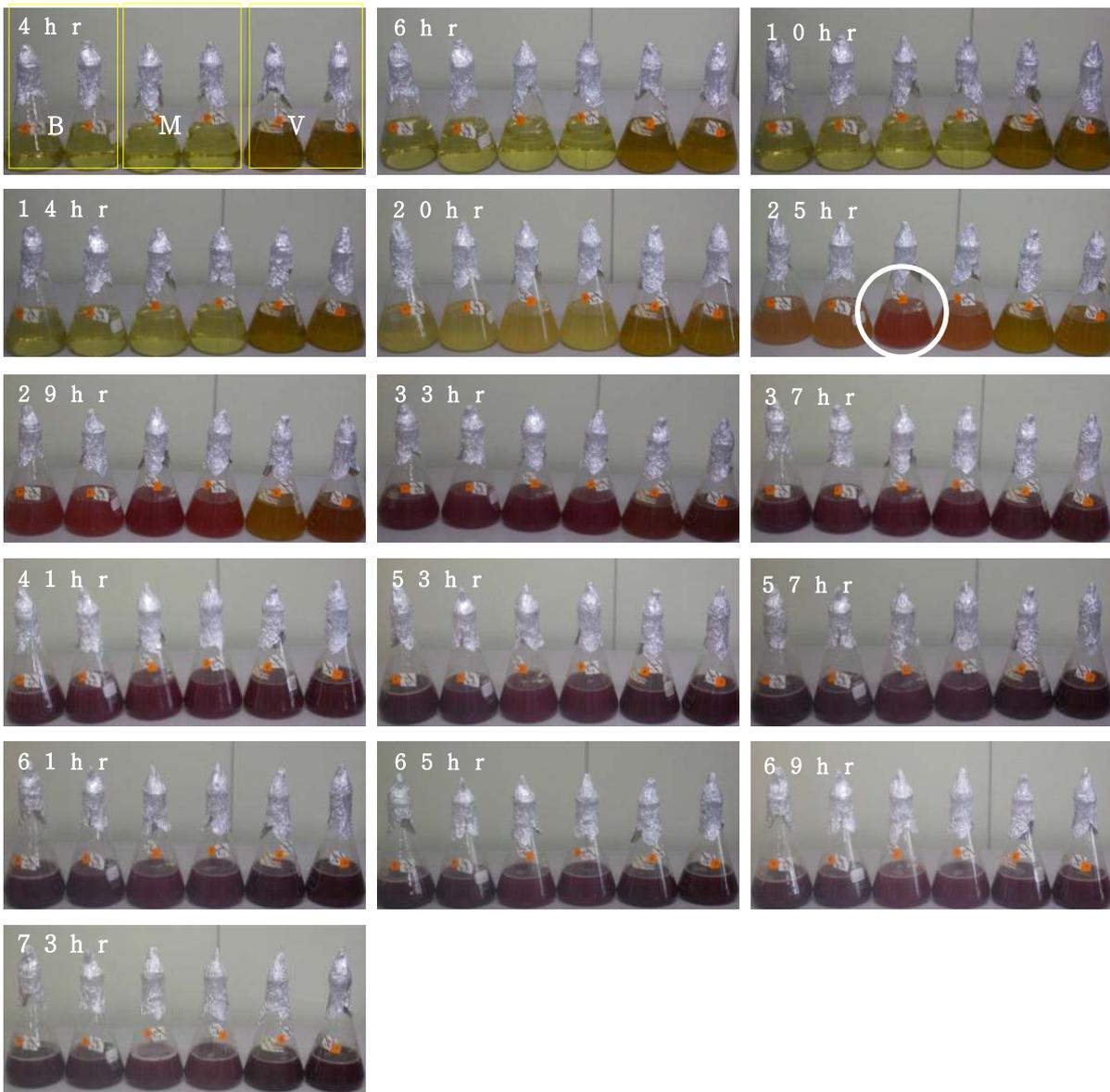


Figure 6. 다양한 영양원을 이용한 광합성미생물의 배양에 따른 색상 변화
 B : Basic medium, M : MYC medium, V : 71 Van Niel's medium

2. 토양개량용 광합성미생물제제의 제형화

가. 광합성미생물의 활성 유지를 위한 보존제 탐색

1) 시험 성적

보호제가 처리된 광합성미생물제의 흡광도 계수는 저장기간 동안 지속적인 상승을 보임과 동시에 색상의 변화는 점차 홍색비유황세균의 전형적인 붉은 빛을 잃고 뿌옇게 흐려지는 경향이 관찰 되었다 (Figure 8 . 참조) . 이러한 원인으로는 평소 고온에 약한 성질을 지니고 있는 광합성미생물의 변패로 인한 색상 변화와 잠재적으로 공생하는 바실러스의 활성화로 흡광도 계수에 영향을 준 것으로 사료된다 .

저장기간 동안의 생균수는 저장 24시간 이후 5.35% , 48시간 이후 0.89% , 216시간 즉 , 저장시험 시작 9일만에 100% 사멸되는 것으로 관찰 되었다 . 또한 24시간의 저장기간 이후에는 광합성 미생물이 활성을 잃음과 동시에 바실러스의 출현으로 붉은 색상의 colony가 아닌 흰색의 colony가 나타난 것을 볼 수 있었다 .

pH의 변화와 건조 균체량의 변화는 저장기간 동안 흔히 볼 수 있는 경향을 나타내었으며 , 유의차가 발생하지 않았다 .

그러므로 , 광합성미생물을 제품화하기 위해서는 액상 상태의 액제로의 저장 및 유통은 어렵기 때문에 제형화를 연구해야 할 것이다 .

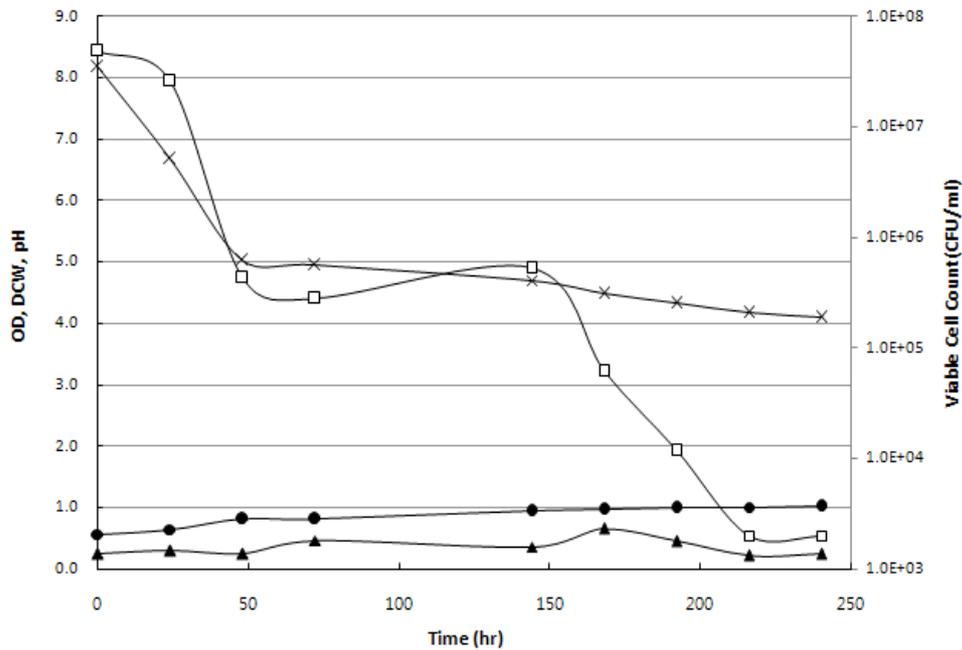


Figure 7. 보호제가 첨가된 광합성미생물의 저장기간 동안의 변화

□ : Viable Cell Count(CFU/ml) × : pH, ● : Optical Density(660nm), ▲ : Dry Cell Weight(g/L)



Figure 8. 보호제가 첨가된 광합성미생물의 저장기간 동안의 색상변화

나. 광합성미생물의 균체회수를 위한 추출·농축 연구

1) 시험성적

가) 농축방법에 따른 광합성미생물의 활성 비교

농축방법에 따른 광합성미생물의 활성 비교는 흡광도를 기준으로 농축-P와 농축-T의 비율이 1 : 1.09로 유사하게 나타났으나, 실질적인 활성이 지표가 될 수 있는 생균수 검출에서의 비율은 1 : 2.5로 많은 차이를 보였다. 그러므로 광합성미생물의 배양 종료 후 농축을 위한 과정으로는 Tubular centrifuge를 이용하여야 할 것이다. 그러나 수율을 고려한다면 Tubular centrifuge의 이용은 시간과 인력에 제한을 받으므로 Pall-sep.과 같은 대용량에 적합한 방법을 강구해야 할 것이다 (Table 11. 참조)

Table 11. 농축방법에 따른 광합성미생물의 활성 비교

시료명	흡광도 (Optical Density; 660nm)	Viable Cell Count(CFU/ml)	흡광도(O.D.) 비율	CFU 비율
PSB 원액	114.96	2.0E + 9	1	1
농축 - T	578.7	1.0E + 13	5.03	500
농축 - P	528.3	4.0E + 12	4.59	200
비고	농축 - P; 대용량(ton 단위)의 광합성미생물 농축에 적합하며, 공정시간도 적게 소요되나 색소침출 현상이 발생함. 농축 - T; 농축도가 높으며, cell 활성보호가 잘 이뤄지나, 소용량(500L 이하)에 적합 하며, 많은 공정시간을 요구함.			

나) 농축 광합성미생물의 저장성 TEST

Tubular centrifuge와 Pall-sep.를 이용하여 농축된 광합성미생물은 4℃ 저온상태에서 저장하며 균체의 변화를 관찰하였으며, 그 결과는 Figure 9.와 같다.

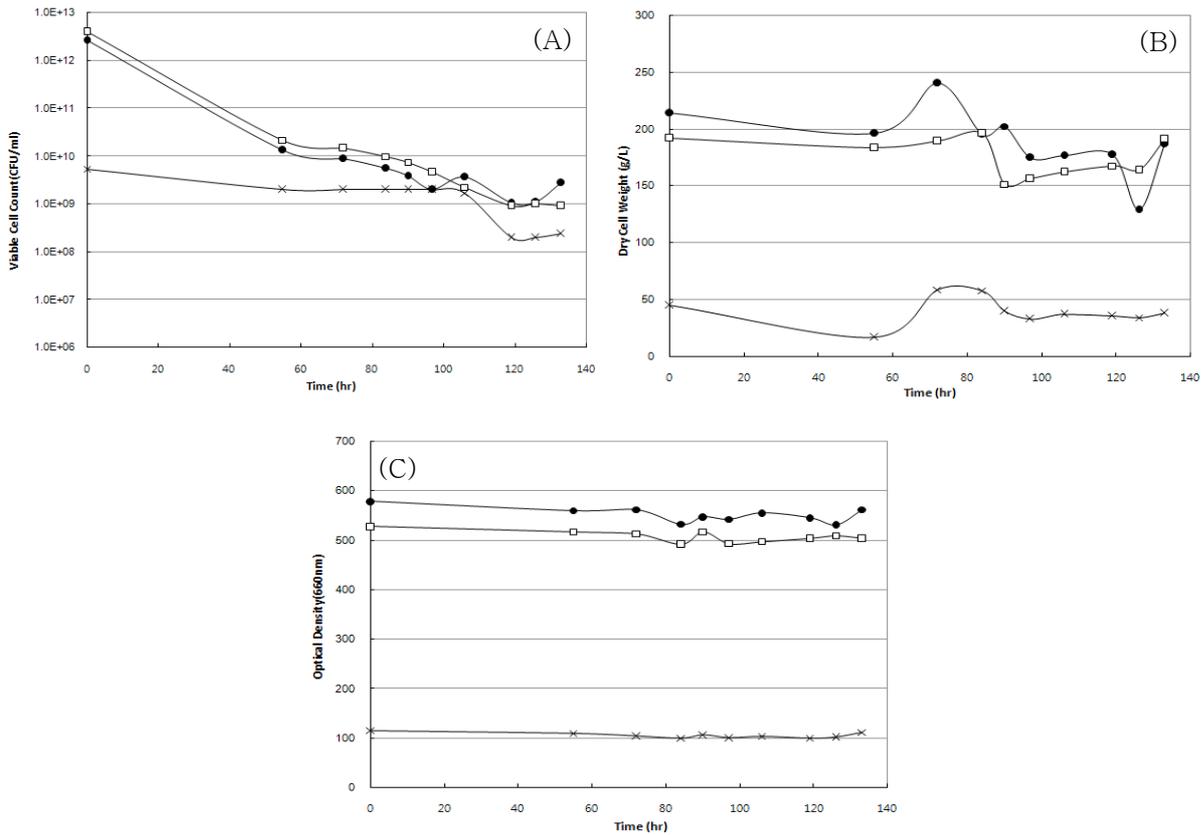


Figure 9. 농축방법에 따라 회수된 광합성미생물의 저장기간(4°C 저온저장)에 따른 균체 변화
 (A) : 생균수(CFU/ml), (B) : 건조균체량(g/L), (C) : 흡광도 계수(O.D.660nm)
 □ : Tubular centrifuge를 통한 농축 ● : Pall-sep.를 통한 농축, × : 원액

저장기간 동안 광합성미생물의 생균수를 기준으로 한 생존율을 관찰한 결과 원액의 경우 12%, 농축-T의 경우 0.11%, 농축-P의 경우는 0.02%로 나타났다 (Figure 9. (A)).

다른 기준은 건조 균체량과 흡광도 계수의 변화는 저장기간 동안 모든 시료에서 큰 변화없이 나타났다.

이와 같이 생균수로 대변되는 활성의 저하는 그림에서 표현하지는 않았지만, 저장기간 동안 초기 pH 값이 약 7.0에서 시간 경과에 따라 산성으로 변화하며, 최종적으로 약 5.8까지 저하되는 현상이 발생하여 이로 인한 광합성미생물의 손상이 발생하는 것으로 해석될 수 있을 것이다.

흡광도 계수의 경우, 광합성미생물이 intracellular임은 확실하나, 생균수에서 보여지 듯 사멸균들의 분해 과정에서와 일부 외부로의 색소 생성(Carotenoid, Bacterio-chlorophyll)이 영향을 준 것으로 사료된다.

그러므로 결과적으로 광합성미생물을 이용한 액제는 유통과 보관이 어려운 원액은 실 사용이전까지의 사멸율이 높아 어려우며, 농축을 통해 유통과 보관성을 개선할 시에는 농축 회수 공정 이후 생균수 및 제품화 시 활성을 유지하기 위해 차후 공정이 개선되어야 할 것이다.

다. 광합성미생물 배양액의 유기질 비료로서의 제품화를 위한 조성보완

1) 시험성적

4종 복합비료 양액용 또는 엽면시비용으로의 등록을 위한 절차였으나, 제품 등록을 위해 필요한 보증 성분의 함량 미달로 원래 계획대로 시행하고자 한다면 화학비료(무기질비료)로의 등록이 불가피하기 때문에 미량요소를 바탕으로 한 미량요소복합비료로의 등록 전환 혹은 본 과제를 통해 도출된 재배시험성적을 토대로 작물성장촉진용 친환경유기농자재 등록을 목표로 진행될 것이다.

Table 12. 광합성미생물 배양 상등액 분석표

(단위 : %)

검사항목	질소전량	수용성인산	수용성가리	수용성붕소	수용성망간
분석성적	0.03	0.015	0.01	0.0002	-
	0.03	0.015	0.01	0.0001	-
	0.03	0.016	0.01	0.0001	-
	0.03	0.015	0.01	0.0001	-
공정규격	질소전량, 수용성인산, 또는 수용성가리 중 2종 이상 합계량이 10%이상 각 성분별 보증성분량 1.0% 이상				0.1 이상
검사항목	황청산화물	비소	아질산	뷰렛태질소	설파민산
분석성적	흔적	흔적	흔적	흔적	흔적
공정규격	0.005이하	0.004이하	0.02이하	0.01이하	0.005이하

라. 광합성미생물제제의 보존제 확정 및 제형결정 (유통기한, 품질향상 등)

1) 시험성적

가) 기본 보호제의 선별

Skim-milk, MSG, Glycerol을 각기 최적의 농도를 선별하기 위해 동결건조를 실시한 결과, Skim-milk의 경우 단독으로 사용하여 동결건조를 하였을 때의 농도인 10%에서의 0.124%라는 생존율을 보였다. 또한 농도가 12.5%보다 높아질 때 생존율이 감소하는 경향을 보임을 알 수 있다(Figure 10. 참조).

MSG는 5%를 제외한 7.5, 10, 12.5%에서 모두 25 ~ 37%에 달하는 생존율을 보이며 보호제로의 사용이 가능함을 알 수 있었다.

Glycerol은 액상의 점성을 갖는 물질이기 때문에 고농도가 아닌 저농도로 첨가되어야 하며, 이는 분체제조 공정을 고려하여 동결건조 후 분쇄하는 과정을 고려해야 하는 제품의 특성 때문이다.

높은 생존율은 아니지만, 저농도로 첨가되었을 경우, Skim-milk와 MSG를 보조할 수 있는 보호제로의 사용은 가능할 것으로 사료된다. 이는 초기 저장성 실험을 위한 1.25%의 Glycerol 농도에서도 볼 수 있다.

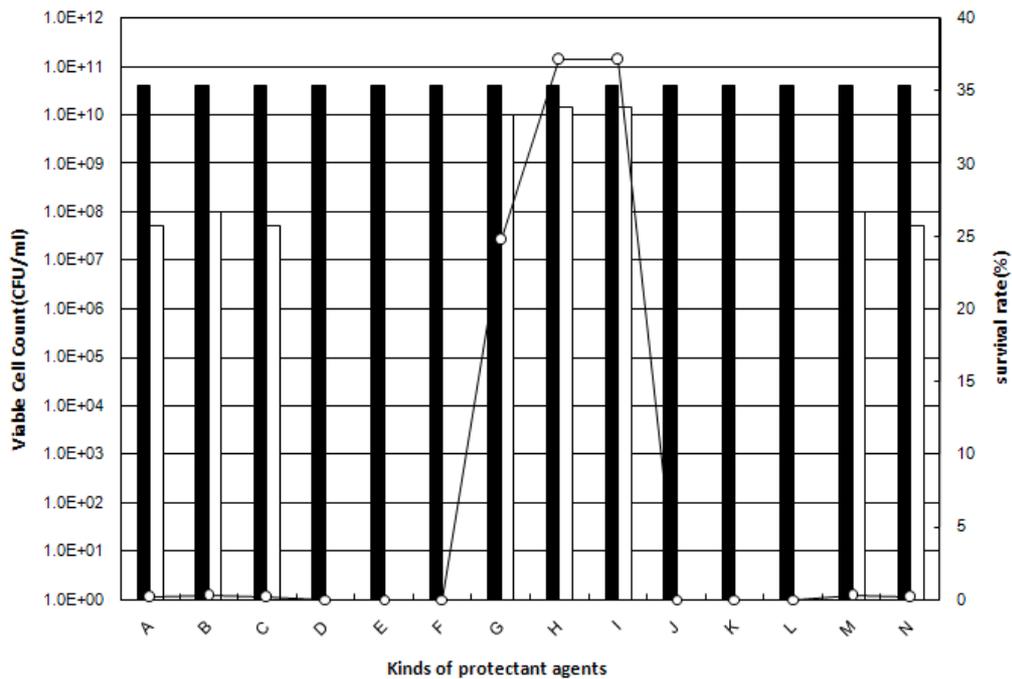


Figure 10. 광합성미생물의 동결 및 동결건조를 위한 기본 보호제의 선별

A; Skim milk 10%, B; Skim milk 12.5%, C; Skim milk 15%, D; Skim milk 17.5%, E; Skim milk 20%, F; MSG 5%, G; MSG 7.5%, H; MSG 10%, I; 12.5%, J; MSG 15%, K; Glycerol 1.25%, L; Glycerol 2.5%, M; Glycerol 3.75%, N; Glycerol 5% (■; 대조구, □; 동결건조 후, ○; 생존율)

나) 혼합동결보호제의 농도 및 혼합 비율 선별

보호제의 총 조성을 광합성미생물 배양액의 10 ~ 16.25%로 하여 동결건조를 실행한 결과 Skim milk 혹은 MSG 만을 사용했을 경우나, 둘만의 혼합으로 보호제를 사용했을 때보다 5% Skim milk, 10% MSG와 함께 Glycerol이 혼합되었을 경우 더 좋은 생존율을 보였다. 또한 Glycerol의 농도 1% 보다는 1.25%가 혼합되었을 때 생존율이 68.1%로 가장 우수하게 나왔으며, 분쇄를 하는 과정에서도 끈적임이 없음을 관찰할 수 있었다 (Figure 11. 참조).

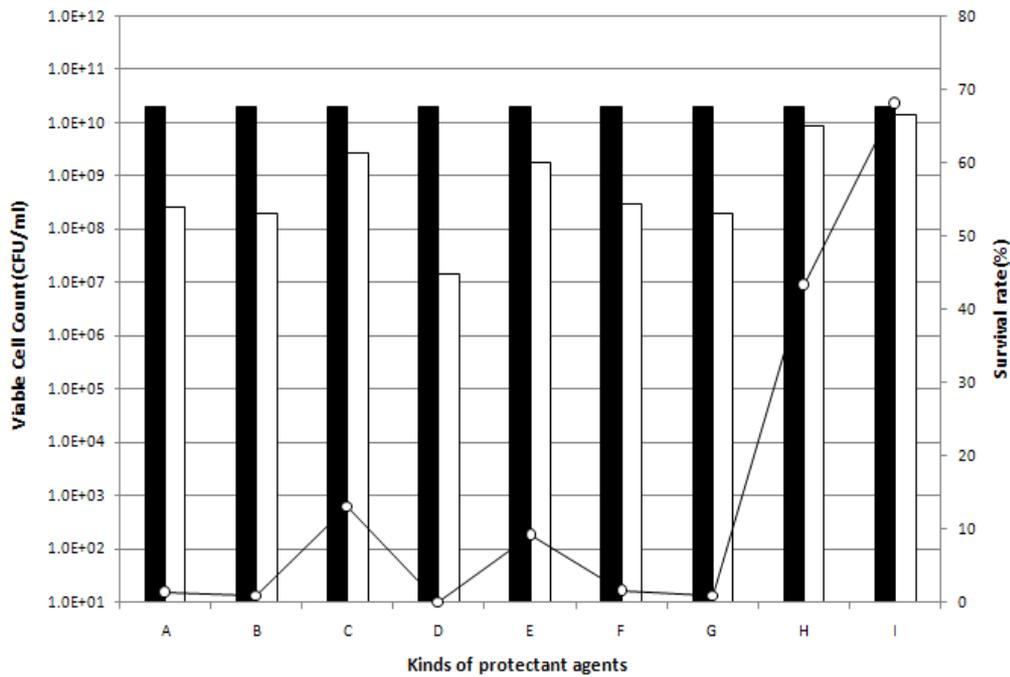


Figure 11. 혼합비율 및 혼합 보호제에 따른 광합성미생물의 동결 및 동결건조 후 생존율
 A; Skim milk 12.5%, B; MSG 12.5%, C; Skim milk 5% + MSG 7.5%, D; Skim milk 5% +
 MSG 5%, E; Skim milk 5% + MSG 10%, F; Skim milk 7.5% + MSG 5%, G; Skim milk
 10% + MSG 5%, H; Skim milk 5% + MSG 10% Glycerol 1%, I; Skim milk 5% + MSG
 10% Glycerol 1.25% (■; 대조구, □; 동결건조 후, ○; 생존율)

다) 동결건조 시 생존율을 높이기 위한 첨가제의 선별

최종적으로 광합성미생물의 동결건조 시 사멸율을 감소시키며 동시에 영양학적 특성을 만족시키기 위해 Skim-milk 5%+MSG 7.5%+Ascorbic acid 0.5%+Ascorbate 0.5%를 기본으로 한 혼합 보호제를 선별하였으며, 이에 다당, 이당, 당알콜류를 이용하여 동결건조 한 결과는 Figure 12.와 같다.

다양한 당류 중 이당류와 당알콜류의 보호효과가 좋았으며, dextrose와 같은 다당류는 보호효과가 좋지 않은 것으로 관찰되었다.

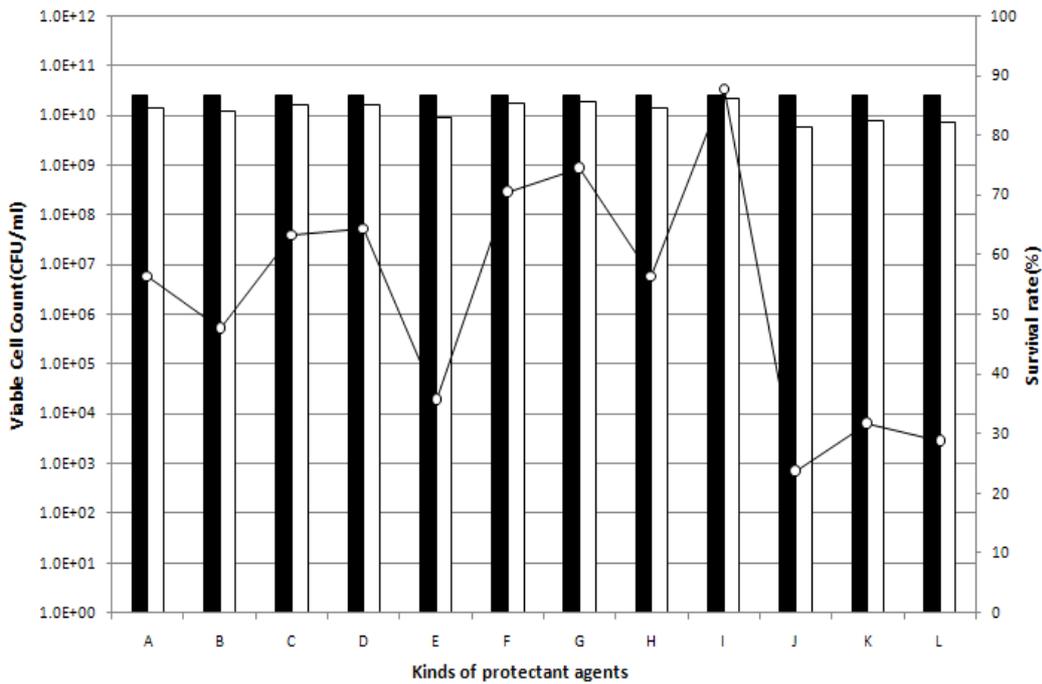


Figure 12. 혼합보호제를 기본으로 C-source가 첨가된 광합성미생물의 동결 및 동결건조 후 생존율

* 기본 보호제 조성 : SM 5% + M 7.5% + G 1% + AS 0.5% + A 0.5% → B

A; Basic + Sucrose 1%, B; Basic + Sucrose 1.5%, C; Basic + Lactose 1%, D; Basic + Lactose 1.5%,

E; Basic + Maltose 1%, F; Basic + Maltose 1.5%, G; Basic + Isomalt 1%, H; Basic + Isomalt 1.5%,

I; Basic + Erythritol 1%, J; Basic + Erythritol 1.5%, K; Basic + Dextrose 1%, L; Basic + Dextrose

1.5%(■; 대조구, □; 동결건조 후, ○; 생존율)

라) 동결 및 동결건조 제형의 저장성 TEST

동결 및 동결건조된 광합성미생물의 저장성을 알아보기 위해 Figure 13. 과 같이 냉장 (4℃) 과 냉동 (-20℃) 상태에서 약 6개월간 보관하며 생균수를 토대로 활성을 알아보았다.

냉동 조건에서의 생존율이 냉장 조건에서보다 좋은 것은 육안으로도 쉽게 유의차를 볼 수 있었으며, 시료의 저장 균질성 등이 측정시 일률적인 data를 얻는데 결림돌이 되었다. 그러나 중요한 사항은 동결 및 동결건조된 광합

성미생물의 보관도 처리과정과 흡사한 온도 조건에서의 저장이 탁월하다는 결과를 도출할 수 있었다.

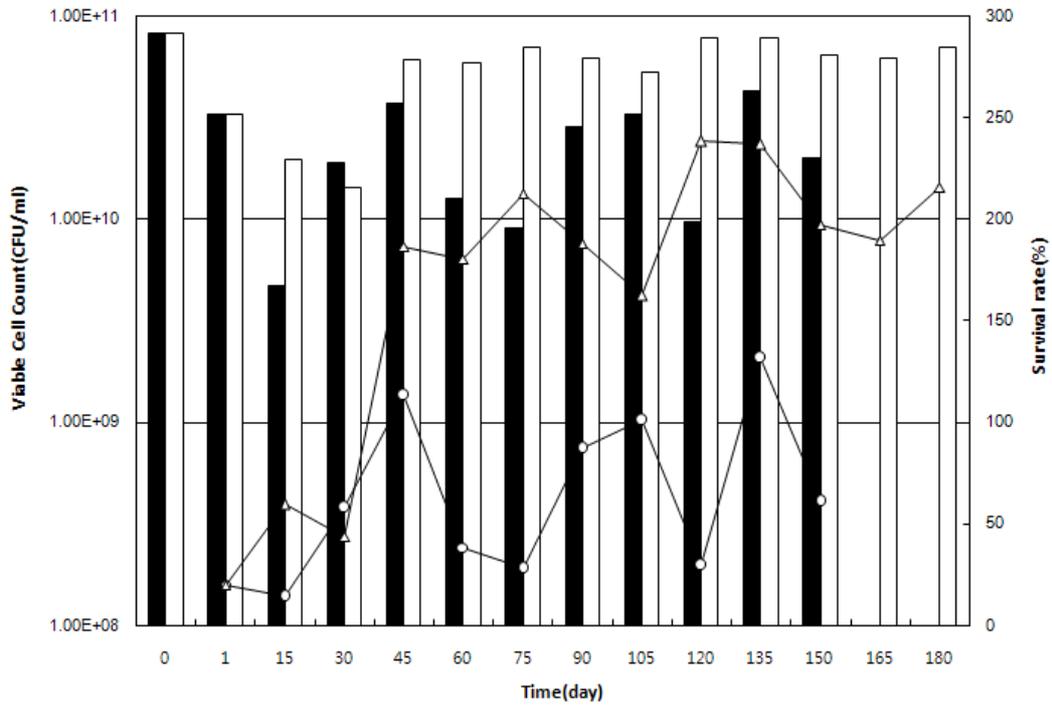


Figure 13. 동결 및 동결건조 광합성미생물의 저장온도에 따른 생존율 변화 (■; 냉장 보관시 생균수, □; 냉동 보관시 생균수, ○; 냉장 보관시 생존율, △; 냉동 보 시 생존율)

제 4 장 광합성미생물제제의

토양개량효과 및 작물반응연구

제 1 절 연구개발수행 내용

1. 논 유기재배 토양의 광합성미생물제제 처리에 따른 토양개량효과

가. 재료 및 방법

논 토양에서 벼를 재배하면서 광합성 미생물제제 처리에 따른 논토양과 개량 효과와 그 처리효과에 따른 벼 생육촉진과 수량반응을 검토하기 위하여 토성이 포리미사질토양인 전남농업기술원 벼 시험포장에서 동진 1호를 시험품종으로 하여 6월 2일에 30×18cm의 재식밀고의 승용기계이앙기를 이용하여 이앙하였고, 유기표준재배법에 준하여 재배를 하였으며 수확은 10월 19일에 콤바인 수확을 하였다.

미생물제 처리는 이앙 후 20일째인 6월 22일에 광합성미생물제의 처리효과를 구명하기위하쳐 무처리 대비 시중유통자재인 EM제(1,000배 농도)와 개발제품인 광합성미생물제(광합성미생물제, 3,000배 농도, 이하 광합성미생물균제; PSB로 표기)를 처리하였으며, 광합성미생물균제 배양 상등액의 처리 효과를 구명하기 위하여 무처리 대비하여 500배, 1,000배, 2,000배, 3,000배, 4,000배 희석농도의 5구 처리를 하였다.

시비처리는 벼 유기재배를 하기 위하여 2006년 10월에 벼 수확 후 녹비작물로서 헤어리베치를 파종하고 2007년 벼 이앙 20일 전에 전량 토양에 경운, 혼입하였으므로 별도의 시비투입 없이 벼 재배를 하였다(Table 1.).

Table 1. 벼 유기재배를 위한 재배법

구분 (월.일)	재식밀도 (cm)	시비량(kg/10a)			비 고
		N	P	K	
이앙일 : 6. 2 수확일 : 10. 19	30X18	9	4.5	5.7	○ 녹비작물 재배후 전량 토양환원→ 벼 무비 재배 ○ 벼 유기 표준경중에 준

1) 토양개량 효과

가) 이화학적 개량 : 토양 Biomass, 질소고정능, 난분해성 유기물 분해능, 효소활성 등

나) 물리적 개량 : 통기성, 수분, 공극율, 입단 형성능, 투수성 등

2) 작물반응

수량 및 수량구성요소, 품질향상, 양분흡수율, 저장성 및 내병성 증대 등

2. 오이 유기 시설 재배 토양의 광합성미생물제제 처리에 따른 토양개량효과

가. 재료 및 방법

시설재배 토양에서 오이를 무농약 재배하면서 광합성 미생물제제 처리에 따른 시설재배토양의 개량효과와 그 처리효과에 따른 오이의 생육촉진과 수량반응을 검토하기 위하여 전남농업기술원 시설재배 시험포장에서 청장계 동지청장오이를 시험품종으로 하여 2007년 10월 15일과 정식하여 오이를 시설 유기재배를 하면서 정식후 20일 간격으로 무처리 대비 미생물제제별로는 PSB균제와 EM제 2처리, 배양상등액 희석농도를 50배, 100배, 200배 3처리, 미생물제 처리형태별로 PSB균제 표준농도, 표준 3배농도, PSB 표준농도 + 배양상등액 50배 3 처리를 두고 시설재배토양의 개량효과와 오이의 생육 및 수량반응을 조사하였다.

또 추가적으로 농가 현지포장(구례군 용방면 죽정리 윤병술)에서 청장계 장형낙합오이를 시험품종으로 하여 무처리 무농약 관행재배 대비 수확초기(2008년 2월 2일)부터 20일 간격으로 PSB균제 토양관주처리와 배양상등액 토양관주처리 및 엽면시비처리를 하여 오이 생육 및 수량반응을 조사하였다.

오이에 대한 재배방법은 Table 2.와 같이 오이 유기시설재배 및 무농약 시설재배의 표준경종에 준하여 수행하였다.

또 시험전 토양 화학성을 Table 3.에서 살펴보면 유효인산 함량이 627 mg/kg, 치환성 칼슘함량이 9.76 cmol+/kg로 개량목표치보다 높고 염류농도가 1.63 dS/m으로 다소 염류가 다소 집적된 토양이었다.

Table 2. 오이 유기시설재배 및 무농약 시설재배 재배법

정 식 (월.일.)	재식거리 (cm)	재배방법	표준시비량(kg/10a)				비 고
			질소	인산	칼리	퇴비	
			9.2	10.3	8.1	5,000	
본원 : '07. 10. 15	180 x 18 (1열 2휴)	유기재배	-	-	-	-	무비재배
구례 : '07. 12. 10		무농약재배	-	-	-	-	5일간격 추비중심

Table 3. 오이 시설재배시 시험전 토양화학성

pH (1:5)	OM (g/kg)	Av.P2O5 (mg/kg)	치환성(cmol+/kg)			CEC (cmol+ /kg)	EC (dS/m)	T-N (%)
			K	Ca	Mg			
7.51	22.8	627	0.51	9.76	3.81	15.11	1.63	0.15

제 2 절 연구개발수행 결과

1. 논 유기재배 토양의 광합성미생물제제 처리에 따른 토양개량효과

가. 시험성적

논 토양에서 벼를 재배하면서 광합성미생물제제(PSB 균제)와 배양 상등액을 처리하였을 때, 토양화학성의 변화를 Table 4.에서 살펴보면, 무처리 대비 균제 종류별로 뚜렷한 변화는 없었으나, 광합성미생물제제를 처리하였을 때 토양의 유기물과 유효인산의 평균함량은 각각 34.2 g/kg, 39 mg/kg 이었으며, 치환성 가리 및 고토평균 함량은 각각 0.25, 1.26 cmol+/kg으로 무처리 관행재배보다 다소 증가하였으나, 치환성 칼슘의 평균함량은 3.37 cmol+/kg으로 약간 감소하였다. 배양 상등액 처리별에 따른 변화를 보면 무처리 대비 전질소의 평균함량은 0.23%로 증가되었으며 유기물, 치환성 가리의 평균함량도 약간 증가된 경향이였다. 처리농도별로 보면 배양액 처리농도가 높은수록 토양중의 전질소 평균함량은 증가되어 토양 중에 잔존하는 경향이였으나, 유기물과 치환성 가리는 배양액 처리농도가 낮을수록 토양 중 잔존함량이 높은 경향이였다.

Table 4. 논 토양의 시험 후 처리별 토양 화학성 비교

구 분	pH (1:5)	OM (g/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	치환성(cmol+/kg)			CEC (cmol+/kg)	Av.SiO ₂ (mg/kg)	T-N (%)	
				K	Ca	Mg				
무 처 리	5.3	33.1	32	0.18	3.72	1.23	10.0	45	0.20	
균제별	EM 제	5.3	34.1	40	0.24	3.27	1.26	9.8	42	0.21
	PSB제	5.1	34.3	38	0.25	3.46	1.26	10.3	50	0.21
	평 균	5.2	34.2	39	0.25	3.37	1.26	10.1	46	0.21
배 양 상등액	4000배	5.2	34.9	26	0.27	3.33	1.18	10.4	46	<u>0.21</u>
	3000배	5.1	34.2	44	0.20	3.65	1.24	9.9	45	<u>0.23</u>
	2000배	5.2	34.3	36	0.20	3.23	1.17	10.1	56	<u>0.22</u>
	1000배	5.1	34.0	43	0.19	2.89	1.06	9.6	47	<u>0.27</u>
	500배	5.1	33.0	39	0.18	2.87	1.05	9.4	41	<u>0.20</u>
	평 균	5.1	34.1	38	0.21	3.19	1.14	9.9	47	<u>0.23</u>

※ 배양상등액 배수는 원액에 대한 희석처리 배수

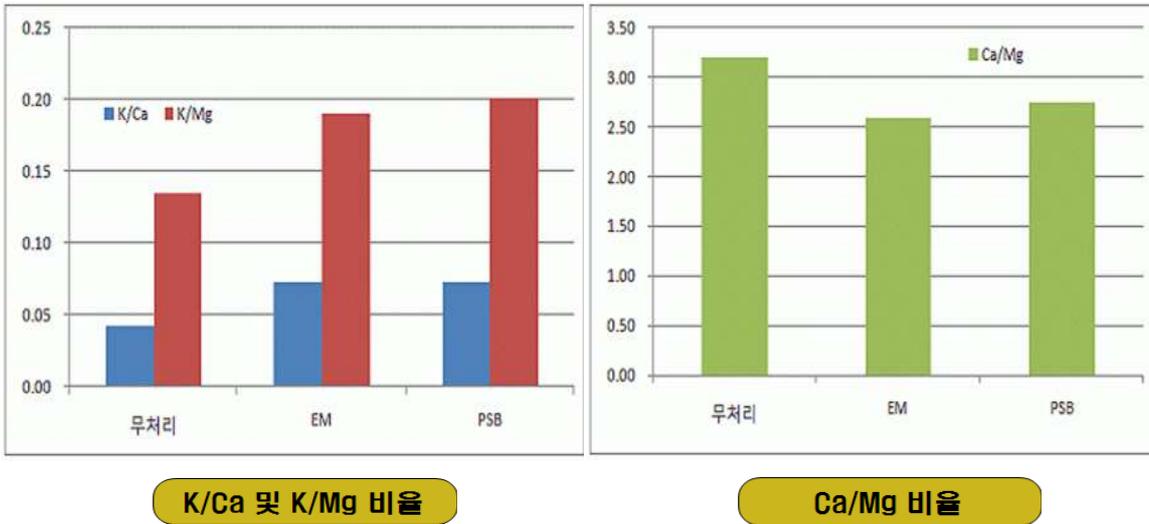


Figure 1. 광합성미생물제제별 토양염기비율 변화
 ※ 적정범위 : K/Ca 0.05 ~ 0.50, K/Mg 0.05 ~ 0.17, Ca/Mg 3.00 ~ 3.30

또 Figure 1.에서 보는바와 같이 토양의 염기비율의 변화를 살펴보면 시험 후 토양에서 무처리 대비 가리 함량은 다소 증가하고 석회의 함량은 낮아짐에 따라서 K / Ca와 K / Mg비가 증가되었으며 Ca / Mg 비는 다소 감소되어 감에 따라 토양화학성의 개량 효과를 기대할 수 있었다 .

미생물제제와 배양상등액 처리에 따른 벼 유기재배 논 토양의 토양 3상과 물리성의 변화를 Table 5.에서 살펴보면 무처리의 3상은 각각 38.9, 57.3, 3.8%인 반면 균제별 토양 3상의 평균분포율은 각각 38.3, 57.9, 3.9% 였고, 배양 상등액별 토양 3상의 평균분포율은 38.5, 57.7, 3.8%로 특이하게 변화되는 경향은 없었다. 그리고 그 외 가밀도, 공극율 및 경도의 변화도 무처리 관행재배구와 비슷한 경향을 보였다.

Table 5. 미생물제제 및 배양상등액 처리에 따른 토양 3상 및 물리성 비교

구 분	토양삼상(V/V,%)			가밀도 (g/cm ³)	공극율 (%)	경도 (kg/cm ²)	
	고상	액상	기상				
무처리(관행)	38.9	57.3	3.8	1.04	61.2	1.44	
균제별	EM제	38.5	58.3	3.2	1.03	61.5	1.47
	PSB제	38.0	57.4	4.6	1.01	62.0	1.37
	평균	38.3	57.9	3.9	1.02	61.8	1.42
배양 상등액	4000배	38.8	57.5	3.7	1.04	61.2	1.40
	3000배	38.7	57.9	3.4	1.04	61.3	1.37
	2000배	39.5	54.5	6.1	1.06	60.5	1.39
	1000배	37.7	60.0	2.3	1.00	62.3	1.35
	500배	37.4	57.5	5.1	1.03	62.6	1.75
	평균	38.5	57.7	3.8	1.03	61.5	1.42

미생물제제와 배양 상등액의 토양처리에 따른 토양 입단형성능의 변화를 Figure 2. 에서 살펴보면 미생물제제별로 무처리보다 2 ~ 3배 정도 많은 입단이 형성된 것을 알 수 있으며 0.1 ~ 0.5 mm 크기의 작은 입단의 형성능은 광합성미생물제보다 EM 균제가 높았으나 0.5 ~ 2.0 mm 크기의 입단형성능은 서로 비슷한 경향을 보였다. 또 배양 상등액을 처리하였을 때는 0.1 ~ 0.5 mm 크기의 작은 입단은 무처리 관행재배보다 작거나 비슷한 결과를 보여 처리에 따른 입단형성능의 개선효과는 없었으나 3,000 배 농도로 처리하였을 때는 약 3배 정도 좋은 입단형성능을 보였다.

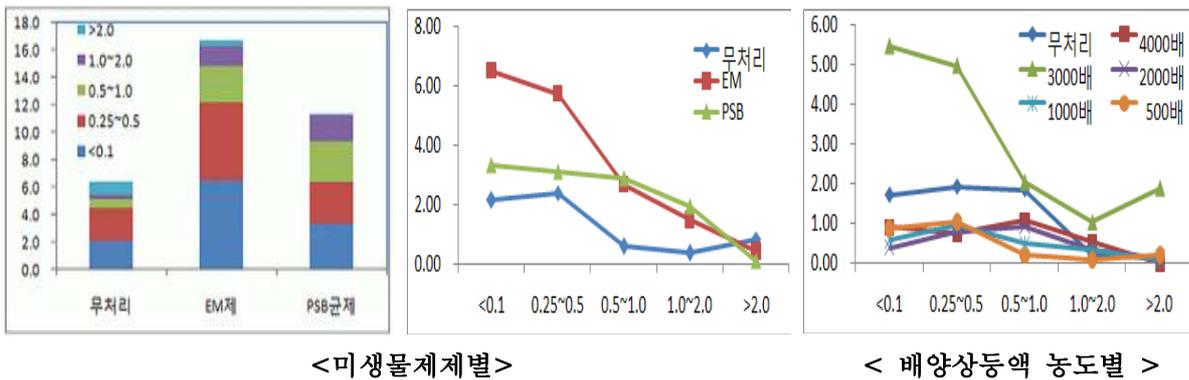


Figure 2. 광합성미생물제제별, 배양 상등액 농도별 토양 입단형성능 비교

광합성미생물제제 토양처리에 따른 토양 보수력의 특성변화를 Figure 2 . 에서 살펴보면 0.1bar 조건에서의 토양 보유수분 함량은 50.7, 50.1%로 무처리 48.7%보다 다소 개선된 결과를 보였으나, 0.3bar 이상의 고압조건에서는 무처리 관행재배와 차이를 보이지 않았다. 또 균제별 토양보수력의 개선정도는 EM제 > 광합성미생물제 순 이었다. 또 광합성미생물 배양 상등액을 처리하였을 때는 무처리 관행재배보다 토양 보수력은 다소 개선되는 경향을 보였으며, 상등액 처리 농도별로 일정한 경향은 없었으나 3,000배 농도로 처리하였을 때가 개선 효과는 높았다.

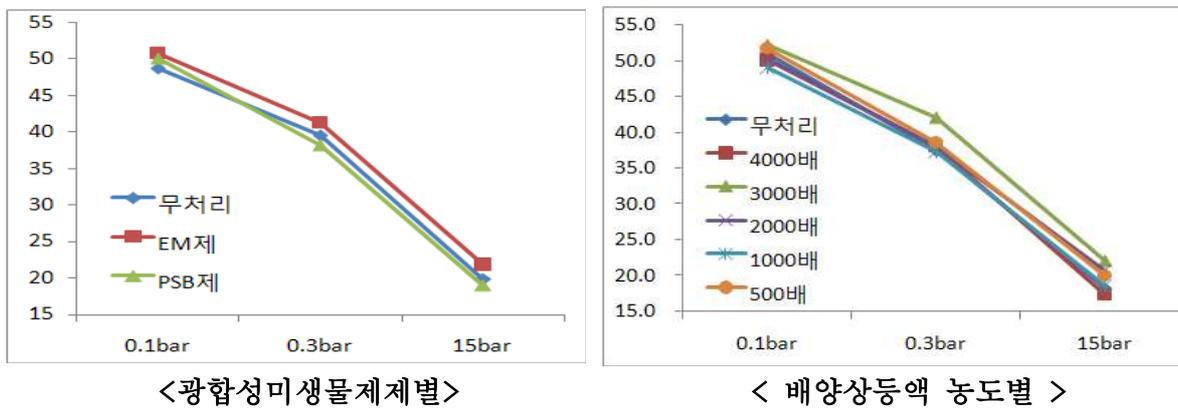


Figure 3. 미생물제제 및 광합성미생물 배양상등액 농도에 따른 토양 보수력 특성 비교

벼를 유기재배하면서 광합성미생물제와 이의 배양상등액을 처리하였을 때 비상부 생육량의 변화를 Table 6 . 에서 살펴보면, 무처리 대비 균제 종류별로는 뚜렷한 변화는 없었으나, 광합성미생물제를 처리하였을 때 전반적으로 벼의 생육량이 양호한 결과로 나타났다. 배양 상등액의 처리별로도 유사한 경향이 있었으며 처리 농도간에는 뚜렷한 경향은 없었다.

Table 6. 벼 유기재배시 처리균제별 배양액 처리농도별 지상부 생육비교

구 분		초장(cm)	간장(cm)	경수(개/수)	수장(cm)	지엽장(cm)	엽색도
무 처 리		100	97	8.7	19.2	31.6	20.8
균제별	E M	105	102	10.3	21.3	33.3	22.9
	광합성	101	98	8.7	18.7	34.0	22.5
	평 균	103	100	9.5	20.0	33.7	22.7
배양 상등액	4000 배	101	98	9.3	19.6	32.7	22.4
	3000 배	104	100	11.0	20.7	36.0	19.5
	2000 배	101	99	9.3	19.7	33.0	18.9
	1000 배	102	99	9.4	19.8	33.2	17.1
	500 배	102	99	9.5	19.8	33.4	22.0
	평 균	102	99	9.7	19.9	33.7	20.0

Table 7. 벼 유기재배시 광합성미생물제와 배양 상등액의 처리농도별 수량구성요소 및 수량

구 분		수수 (개/주)	입수 (입/수수)	등숙율 (%)	천립중 (g/1000립)	정현비율 (%)	백미수량 (kg/10a)	지수
무처리(관행)		12.7	121	69.6	20.2	81.9	460	100
균제별	EM균제	14.8	113	66.8	20.1	81.8	469	102
	PSB균제	14.1	117	67.3	20.1	81.8	468	102
	평 균	14.5	115	67.1	20.1	81.8	469	102
배 양 상등액	4000배	11.3	118	61.7	19.4	80.6	481	105
	3000배	15.0	114	74.5	20.4	82.4	494	107
	2000배	13.7	110	63.2	20.6	81.5	440	96
	1000배	11.5	107	60.6	19.9	82.7	446	97
	500배	15.3	102	80.5	20.6	82.5	457	99
	평 균	13.4	110	68.1	20.2	82.3	459	100

LSD(0.05) ----- NS

CV ----- 3.8 %

는 토양에 광합성미생물제와 배양 상등액을 처리하였을 때 벼의 수량구성요소 및 수량반응을 Table 7.에서 살펴보면, 무처리 대비 균제를 처리하였을 때 수당입수나 등숙율이 각각 115립/수수, 67.1로 무처리 121립/수수, 69.6보다 낮지만 주당수수는 14.5개/주로 무처리 12.7개/주 보다 다소 증가하여 백미수량은 469 kg/10a로 무처리 460kg/10a보다 다소 증수된 경향이지만 통계적인 유의성은 없었다. 배양 상등액 처리시에는 배양액 무처리구와 비슷한 경향이었으며 처리 농도간에는 처리농도를 희석하여 낮은 농도로 처리하였을 때 481, 494 kg/10a로 약 5~7%정도 증수되는 경향이였다.

이와 같은 결과는 광합성미생물균제와 배양 상등액의 처리에 대한 차이가 있는 것은 균제를 토양에 처리하였을 때 기대할 수 있는 결과는 미생물제의 토양처리효과는 2차적인 것이지만 배양상등액의 경우는 토양에 처리할 때 곧바로 작물이 반응할 수 있는 형태로 공급되어 작물로의 흡수 이행된 결과로 해석된다.

광합성 미생물제 처리에 따른 쌀품질 특성을 Table 8.에서 보면 무처리 대비하여 미생물제를 처리하였을 때 정상립의 분포율은 증가하고 쉼립의 분포율은 다소 감소하지만 균제별로는 비슷한 경향과 농도간 차이는 없었으며, 배양 상등액처리를 할 때도 이와 유사한 경향이었으며 처리농도간의 뚜렷한 경향은 없었다. 성분분석결과를 비교해보면 단백질 함량이 무처리 대비 PSB균제 처리시 다소 높은 경향이였으며, 배양 상등액 처리농도별로는 처리농도가 낮을수록 단백질 함량은 증가하는 특성을 보였다.

Table 8. 광합성미생물제 처리에 따른 쌀 품질 특성 비교

구 분		중량(W/W,%)			성 분 분 석				백 도	도 요 식미값
		정상립	분상질	쇄 립	품질관정	단백질	수분함량	아밀로스		
무처리(관행)		87.9	0.2	11.9	63.9	7.5	12.7	18.0	41.2	70.5
균제별	EM 제	91.1	0.0	8.9	63.3	7.8	13.6	18.0	43.0	71.1
	PSB제	89.8	0.2	9.2	61.3	8.1	13.4	18.0	42.1	70.9
	평균	90.5	0.1	9.1	62.3	8.0	13.5	18.0	42.6	71.0
배 양 상등액	4,000배	90.8	0.0	9.2	56.0	8.7	12.6	17.7	41.0	70.8
	3,000배	91.8	0.2	8.0	61.3	7.9	12.9	18.0	41.8	72.8
	2,000배	93.2	0.2	6.6	61.0	7.8	12.1	17.9	40.2	67.0
	1,000배	90.6	0.4	9.0	60.0	7.8	11.8	17.8	39.8	67.6
	500배	92.4	0.0	7.6	63.0	7.4	12.0	17.9	41.0	69.9
	평균	91.8	0.2	8.1	60.3	7.9	12.3	17.9	40.8	69.6

는 토양에 벼를 유기재배를 하면서 광합성미생물제제를 토양개량용으로 처리하였을 때 식물체 중의 양분흡수량을 Table 9.에서 살펴보면, 무처리 대비의 균제처리시 전질소와 인산 및 고토의 함량이 약간 높았으며, 칼슘함량은 낮은 경향을 보였으며 균제별로는 서로 비슷한 수준이지만 가리와 고토의 함량이 높은 경향을 보였다. 배양상등액을 처리할 때도 이와 비슷한 경향이었으며, 농도간에는 일정한 경향은 없었으나 처리농도가 높을 경우 전질소 함량이 다소 높은 경향을 보였다.

Table 9. 식물체중 처리별 양분흡수율

(단위 : %)

구 분		T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
무처리		0.62	0.22	1.50	0.55	0.12
균제별	EM	0.72	0.25	1.48	0.52	0.13
	PSB	0.72	0.25	1.57	0.48	0.26
	평균	<u>0.72</u>	<u>0.25</u>	<u>1.52</u>	<u>0.50</u>	<u>0.20</u>
배 양 상등액	4000배	0.82	0.29	1.59	0.49	0.14
	3000배	0.85	0.20	1.74	0.54	0.15
	2000배	0.73	0.24	1.18	0.49	0.13
	1000배	0.77	0.26	1.24	0.48	0.12
	500배	0.73	0.27	1.55	0.38	0.14
	평균	0.72	0.25	1.46	0.47	0.14

논 토양에 버를 유기재배를 하면서 광합성미생물제제를 토양개량용으로 처리하였을 때 식물체로 흡수 고정된 질소의 양을 Table 10.에서 살펴보면 무처리의 총질소 고정량은 11.4 kg / 10a 이었고 균제처리를 할 때 평균 질소고정량은 12.2 kg / 10a 였으며, 균제별로는 EM제가 11.8, PSB 균제가 12.6 kg / 10a 으로 PSB 균제에 의한 질소고정량은 0.75 kg / 10a 로 EM제 0.46 kg / 10a 보다 더 처리효과가 큰 것으로 나타났다.

Table 10. 논 토양에서의 처리별 질소고정수지

구 분	총수확량(kg/10a)		질소고정량(kg/10a)			차감 (kg/10a)	
	식물체	정조수량	식물체	정조수량	합계		
무처리(관행)	602	636	3.71	7.65	11.36	-	
균제별	EM	548	630	3.95	7.88	11.82	0.46
	PSB	610	629	4.37	8.20	12.57	1.21

Table 11. 논 토양에서의 처리별 미생물상의 변화

구 분		세균(B)	방사상균(F)	방선균(A)	B/F	A/F
무처리		7.78×10^6	2.70×10^4	1.10×10^6	288	41
균제별	EM	5.12×10^6	2.80×10^4	1.02×10^6	183	36
	PSB	4.80×10^6	1.56×10^4	0.96×10^6	308	62

미생물제 처리에 따른 시험 후 미생물상의 변화를 Table 11.에서 살펴보면 무처리 대비하여 세균과 곰팡이의 밀도가 떨어져 PSB균제 처리구에서 B / F 값과 A / F 값이 증가되어 미생물상이 작물의 병해발생은 억제되고 방선균의 밀도가 증가됨에 따라 유익한 환경으로 개선되어가는 징후를 나타냈다.

시험재배 기간동안 벼에 대한 충해발생정도는 Table 12.에서 보는바와 같이 균제처리와 배양상등액 처리간의 일정한 경향은 없었다.

Table 12. 벼멸구 피해 조사(단위 : 마리/주)

구 분	무처리	광합성미생물제		EM 제		배양상등액
발생밀도	8.7	12.3		14.6		30.5
구 분	무처리	4,000배	3,000배	2,000배	1,000배	500배
발생밀도	23.5	5.8	30.5	139	50	3.8

※ 조사일자 : 2007년 10월 10일

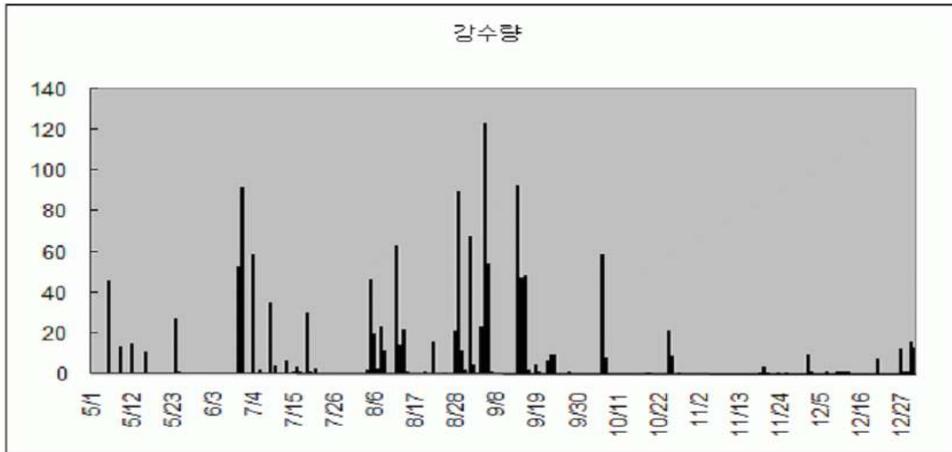


Figure 4. 벼 시험재배 기간 중의 강수량 변화

※ 6월 30일 ~ 7월 10일 : 8회 - 242mm, 8월 4일 ~ 8월 15일 : 10회 - 201mm, 8월 28일 ~ 9월 7일 : 11회 - 410mm

2. 오이 유기 시설 재배 토양의 광합성미생물제제 처리에 따른 토양개량효과

가. 시험성적

오이를 유기시설재배하면서 광합성미생물제 종류별, 처리횟수별과 배양 상등액 농도별로 처리하였을 때 지상부생육량의 변화를 Table 13.에서 살펴보면 다음과 같다.

미생물균제 종류별 지상부 생육량의 변화는 큰 차이는 없었으나, PSB 균제를 표준농도로 처리를 할 때 초장은 20.8 cm, 절수는 2.1 절/주, 절간장은 10.0 cm를 보여 무처리 무농약 관행재배의 신장 성장력과 비슷한 경향이었으며, 경경은 7.99 mm로 무처리 7.87 mm보다 약간 굵고, 최대엽의 엽장, 엽폭은 22, 27 cm로서 무처리 24, 31 cm보다 옆의 전개정도가 낮은 경향이였다.

처리횟수별로 보면 균제의 종류에 관계없이 처리횟수가 많으면 줄기는 가늘어지고 엽크기도 작아지는 경향이였으나, PSB균제의 경우 처리농도가 표준농도보다 3배정도 높으면 줄기는 굵어지고 옆의 크기도 커지는 경향을 보였다.

배양 상등액을 처리하면 무처리 대비 줄기도 굵어지고 옆의 전개정도도 좋았으며 처리농도가 높을 경우 그 차이는 뚜렷한 경향이였다.

Table 13. 미생물종류와 처리농도 및 횟수별, 배양상등액 농도별 오이 지상부 생육 비교

구 분		초장(cm)	절수(절/주)	절간장(cm)	경경(mm)	엽장(cm)	엽폭(cm)	
무처리(관행)		229	23	10.1	7.87	24	31	
균 제 별	EM	<u>표준, 4회</u>	<u>221</u>	<u>23</u>	<u>9.8</u>	<u>7.82</u>	<u>24</u>	<u>31</u>
		표준, 2회	221	23	9.7	8.15	25	31
		평균	233	24	9.9	8.19	26	31
	PSB	표준, 1회	211	22	9.6	7.98	24	29
		표준, 2회	215	22	9.6	7.89	23	28
		<u>표준, 4회</u>	<u>208</u>	<u>21</u>	<u>10.0</u>	<u>7.99</u>	<u>22</u>	<u>27</u>
		<u>3배, 4회</u>	<u>235</u>	<u>23</u>	<u>10.1</u>	<u>8.11</u>	<u>25</u>	<u>31</u>
		평균	217	22	9.8	8.00	23	29
	PSB+상등액		218	23	9.3	7.72	24	31
	배 양 상등액	200 배	245	24	10.1	8.18	25	30
100 배		222	23	9.7	8.16	25	31	
50 배		232	24	9.8	8.21	26	33	
평균		233	24	9.9	8.19	26	32	

※ 조사시기 : 정식후 60일, 수확초기

정식후 처리횟수 경과에 따른 미생물 종류와 배양 상등액의 농도별 오이의 절간장, 경경 및 엽면적의 경시적인 변화를 Figure 5.에서 살펴보면 정식 40일째 2차 처리시기까지 생육량의 변화는 작지만 정식 60일째 3차 처리시기에는 생육량이 크게 증가하는 경향을 보였다. 배양 상등액 농도별로 보면 무처리 대비 처리간에 큰 차이를 보이지 않았으나 미생물종류별로 보면 광합성미생물제를 처리하였을 때 생육 및 처리초기에는 절간장이나 경경은 무처리보다 다소 떨어지나 2차처리후인 정식 40일경부터는 서로 비슷해 지는 경향을 보였다. 또 엽면적의 경우 처리횟수가 증가하고 생육일수 경과됨에 따라 엽의 크기는 다른 처리구 보다 적은 특성을 나타냈다. 이와 같은 특성은 오이의 경우 생육초기에는 영양생장, 즉 부피자람과 비대자람을 하다가 수확기에는 생식생장을 동시에 수행하면서 작물에 부담을 주게 되기때문에 오이의 고품질 다수확을 위해서는 이 두 생장이 한 방향으로 편중되지 않도록 조절하느냐에 따라 달라진다는 점을 생각할 때 의미있는 결과라고 판단된다.

우 주근장이나 세균 수는 약간 증가하는 특성을 보였다 .

지상부의 줄기 건물중과 옆 건물중은 배양상등액을 처리할 때 무처리 관행보다 높았으며 , 처리농도가 높을수록 증가하는 특성을 보였다 . 미생물 종류별로는 줄기건중은 무처리와 비슷하지만 옆 건물중이 다소 떨어지는 경향이었으나 , 반면에 처리횟수나 , 처리농도가 높을수록 줄기의 건물중과 옆의 건물중은 증가하는 특성을 보였다 .

Table 14. 오이 시설재배 미생물 종류별, 배양상등액 농도별 생육량 비교

구 분		지 하 부				지 상 부		
		주근장 (cm/주)	주근중 (g/주)	세균수 (개/주)	세균장 (cm/개)	세균중 (g/개)	줄기건중 (Dw g/주)	옆건중 (Dw g/주)
무 처리		6.8	0.54	8.2	20.0	0.66	230	150
균제별	EM제	6.7	0.52	9.3	21.1	0.50	220	149
	PSB균제	7.3	0.52	8.8	22.4	0.52	232	140
	PSB+상등액	7.0	0.51	10.6	16.8	0.59	234	138
	평균	7.0	0.52	9.6	20.1	0.50	228	142
배 양 상등액	200배 희석	7.0	0.52	8.7	20.3	0.56	229	161
	100배 희석	6.5	0.51	9.0	21.9	0.59	257	159
	50배 희석	6.7	0.52	8.6	20.9	0.55	249	165
	평균	6.7	0.52	8.8	14.4	0.60	245	162
처리 회수	1회(표준농도)	6.5	0.49	8.7	19.8	0.47	221	135
	2회(표준농도)	6.8	0.52	10.7	19.0	0.50	231	145
	4회(표준농도)	7.3	0.52	8.8	22.4	0.52	232	140
	4회(3배농도)	7.3	0.58	9.5	21.0	0.58	260	166

오이 시설재배에 있어서 토양 중에 광합성미생물제 종류별과 배양상등액 처리 농도에 따른 토양 입단분포율을 Figure 6 .에서 살펴보면 미생물제제 종류별로는 광합성미생물제를 처리 하였을때 가장 높은 입단형성정도를 보였으며 대조균제로 처리한 EM제 보다도 높은 경향을 보였다 . 반면에 광합성미생물제와 배양 상등액을 혼합하여 처리하였을 때는 무처리와 낮은 형성율을 보였다 . 배양 상등액 처리별로는 상등액 50 배 희석처리를 하였 때는 0 . 5 mm이하의

작은 입자크기의 입단 형성율이 높았으며, 상등액 200배 희석처리를 하였을 때는 0.5 ~ 2.0 mm의 비교적 큰 입자의 입단 형성율이 높았다.

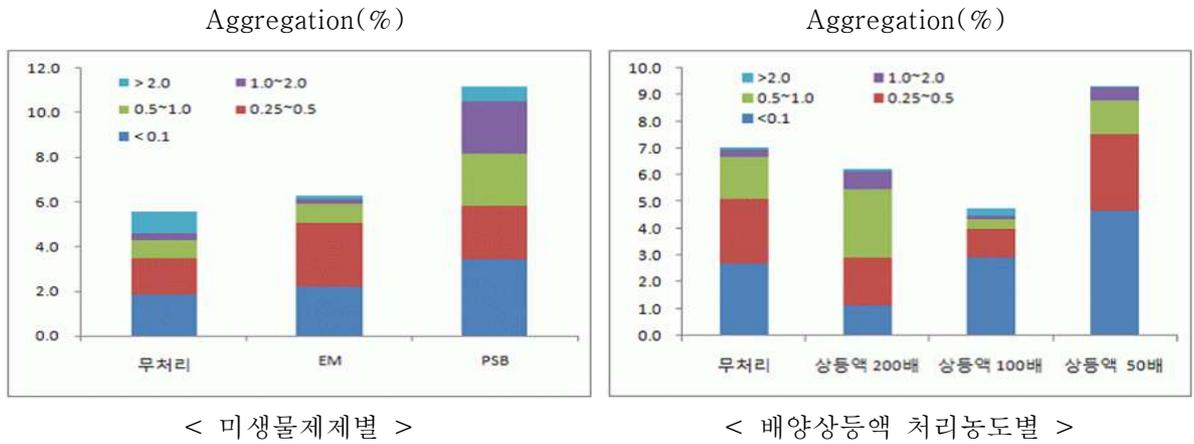
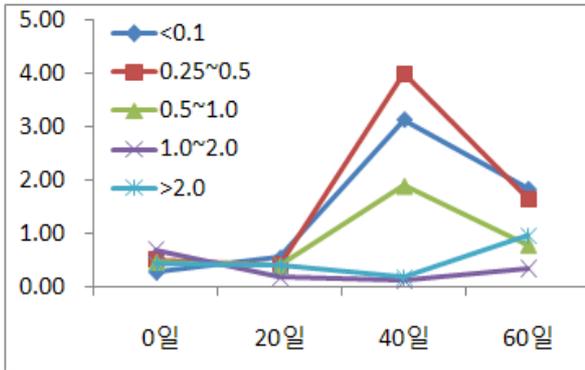
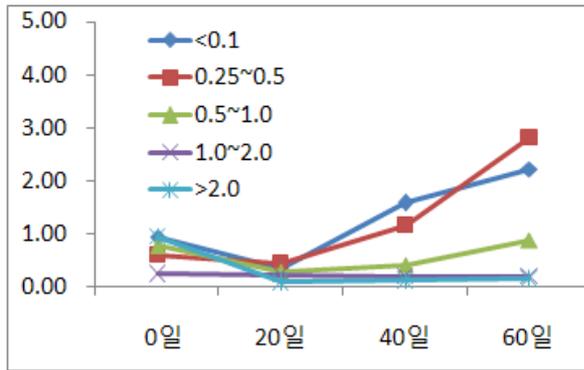


Figure 6. 오이 시설재배 미생물제제별 상등액 처리농도별 입단형성능 비교

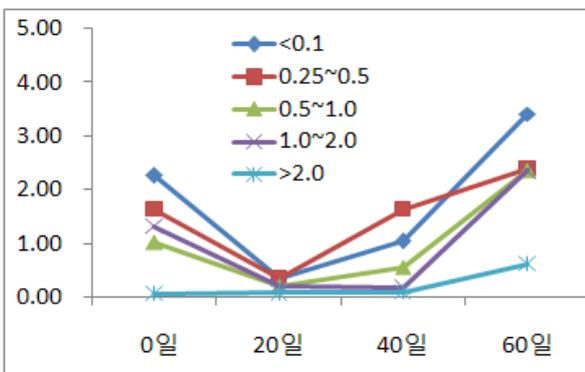
미생물제 종류별 처리횟수에 따른 시설재배토양의 입단 형성능을 Figure 7.에서 살펴보면 무처리 관행재배시 정식후 40일경에 1.0 mm 이하의 비교적 작은 크기의 입단형성율이 보였다. 미생물제 별로는 보면 대조군제로 처리한 EM군제에서는 처리횟수와 생육이 경과됨에 따라 0.5 mm 이하의 작은 크기의 입단 형성율이 증가되는 특성을 보인 반면, 광합성미생물제에서는 처리횟수와 생육이 진행됨에 따라 작은 입자는 물론 1.0 ~ 2.0 mm의 비교적 큰 입자들까지 고르게 형성율이 증가하는 특성을 보였다. 광합성미생물제와 배양상등액을 혼합 처리한 처리구에서는 0.5 mm이하의 비교적 작은 입자들이 형성이 증대되는 경향을 나타냈다.



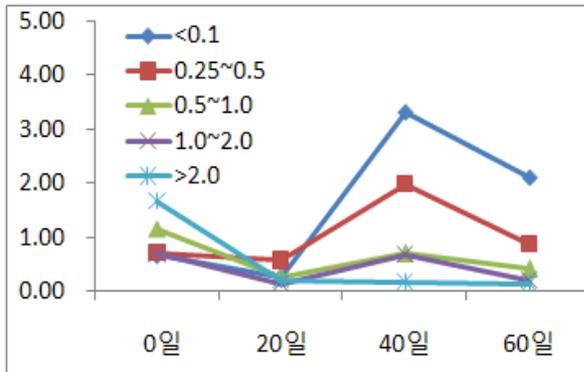
< 관행(무처리) >



< EM균제 >



< PSB균제 >



< PSB+상등액 >

Figure 7. 미생물제 처리 횟수별 토양입단형성능 비교

특히, 처리횟수에 따른 입단형성능의 차이를 보면 EM제의 경우 0.5mm이하에서 입단형성능이 무처리 관행재배시보다 다소 높지만 처리횟수에 따른 차이는 없었으며, 광합성미생물제 처리시에는 4회처리시 무처리 관행재배보다 입단형성능에 있어 2.0mm 이하 토양 입단의 형성능이 높았다.

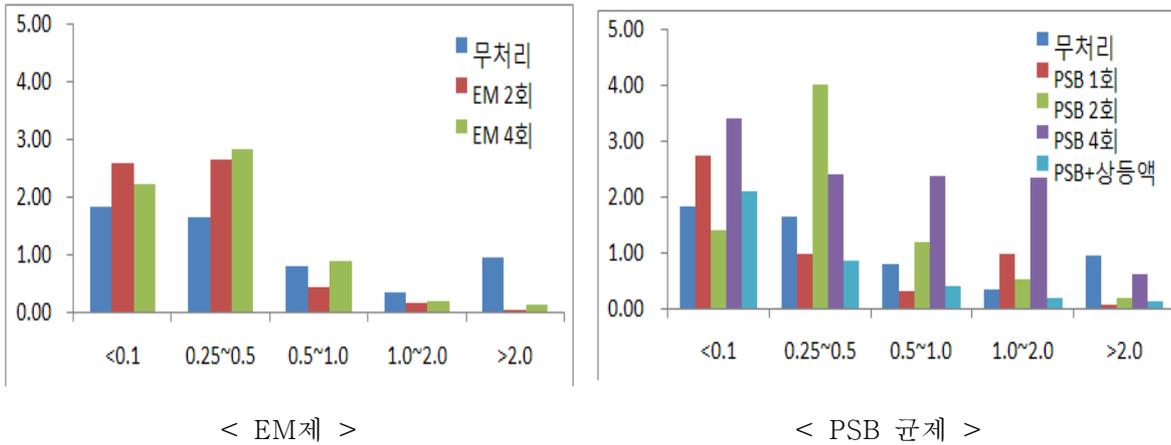


Figure 8. 미생물종류별 처리횟수에 따른 입단형성능 비교

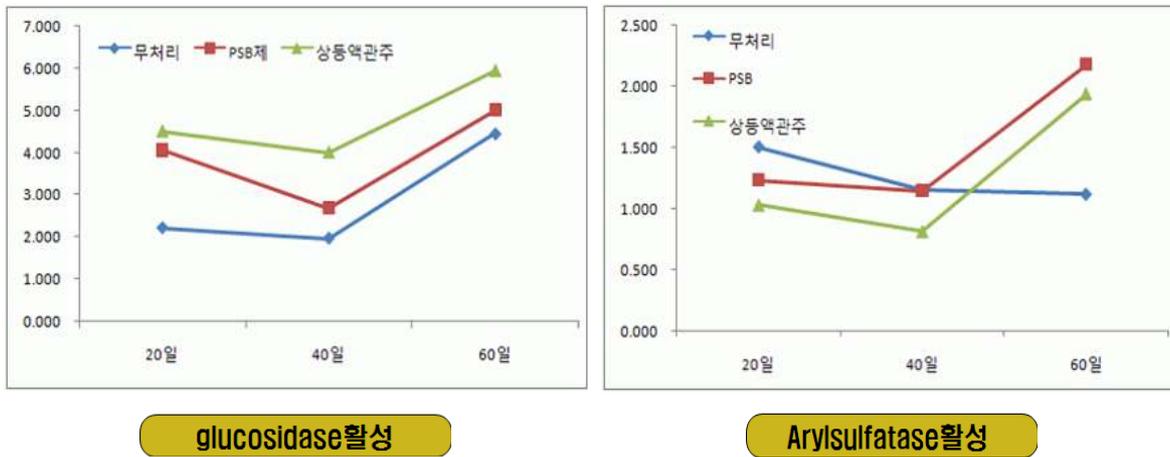


Figure 9. 처리별 효소활성의 경시적인 변화

미생물 균제별 처리에 따른 효소활성의 변화를 Figure 9.에서 보면 glucosidase의 활성은 무처리 대비 미생물처리구에서 다소 높게 나타났으며 Arylsulfatase의 활성은 무처리대비 초기에는 차이는 없었으나 처리후 60일이 경과할 때 활성이 증가하는 특성을 나타냈다.

이와 같은 특성의 변화는 Figure 10.에서 나타난 B / F의 변화를 해석하는데 도움이 된다. 그러나 이 균제처리에 따라서 미생물상의 변화에 의한 효소활성의 변화인지 처리균제의 중복처리에 따른 광합성미생물의 균 밀도가 증식됨에 따라서 나타나는 2차적인 변화인지는 더 검토해야 정확한 해석을 할

수 있으나 토양개량에 광합성미생물제의 영향은 있다고 판단할 수 있다.

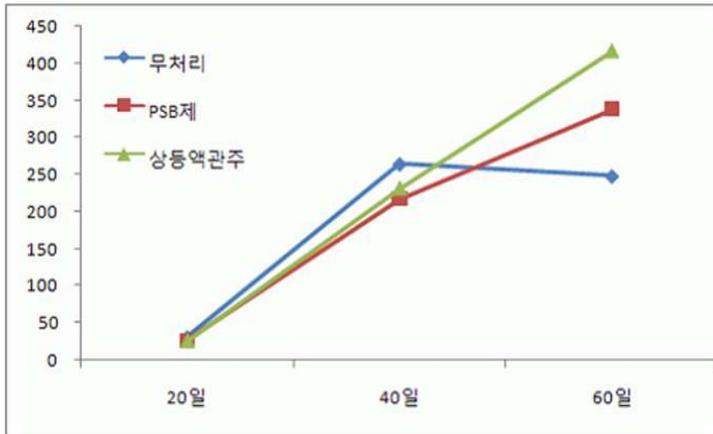
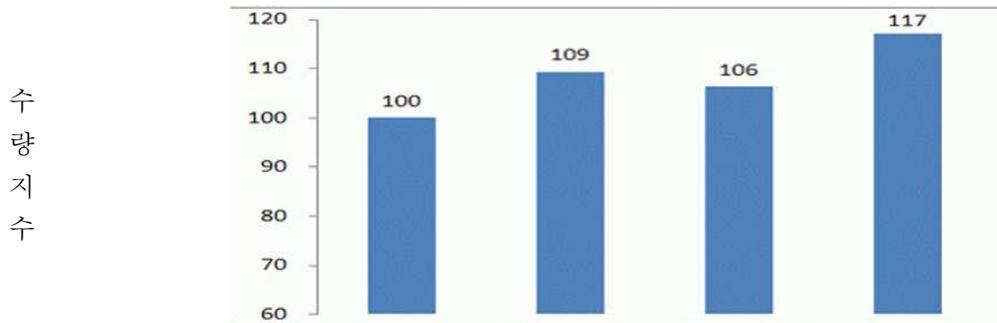


Figure 10. 처리별 생육진행에 따른 B/F값의 변화

광합성미생물제 및 배양상등액의 처리에 따른 오이 수량특성을 Figure 9 .에서 보면 광합성미생물제를 처리하였을 때 오이의 수량이 5.193 kg / 10 a로, 무처리 무농약 관행시설재배 4,900 kg / 10 a보다 약 6%의 수량이 증수되었으며, 배양상등액을 토양관주처리와 엽면시비를 하였을 때는 각각 5,477 kg / 10 a, 5,455 kg / 10 a로 무처리 대비 11%의 증수효과 보였다.



구 분	무처리	PSB균제	토양관주	엽면시비
			배양 상등액	
수량(kg/10a)	10,824	11,836	11,501	12,686

Figure 11. 오이 수량 비교(수확기간 2008. 10 ~ 5. 17 : 97일)

LSD -----896kg
 CV ----- 8.28 %

광합성 미생물제제와 배양상등액을 수확초기에 20일 간격으로 처리하고 오이의 상품수량의 순별 경시적인 변화를 Figure 10.에서 살펴보면 처리초기에는 무처리 대비 배양 상등액을 토양에 관주처리를 하였을 때 비교적 높은 생산성을 보였으며 광합성미생물제를 토양관주처리시에는 무처리구와 비슷한 생산성을 보인 반면, 3차 처리후 3월 중순의 생산성은 엽면시비 > PSB균 토양관주처리 > 상등액 토양관주처리의 순으로 PSB균제 처리의 효과 다소 증가되는 결과를 보였다.

이와 같은 특성의 변화는 배양 상등액의 효과는 곧 바로 나타나지만 PSB균제를 처리하였을 때는 처리후 토양중의 활착, 활성화 과정을 거쳐 그 과정에서 비롯되는 2차적인 작용의 효과로서 비교적 발현과정이 지연되는 결과로 해석된다.

Table 15. 처리별 오이 식물체중 양분흡수율

(단위 : %)

구 분		T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
무처리		3.57	1.52	2.76	3.55	0.66
균제별	EM	3.51	1.82	3.04	2.82	0.76
	PSB	3.61	1.83	3.50	3.08	0.94
배 양 상등액	200배	3.53	1.55	3.14	2.95	0.75
	100배	3.63	1.63	3.12	2.95	0.67
	50배	3.80	1.44	2.74	3.01	0.59

시설재배토양에 오이를 유기재배를 하면서 광합성미생물제제를 토양개량용으로 처리하였을 때 식물체로 흡수된 질소량은 무처리 3.57% 대비 EM제 처리구는 3.51, 광합성미생물제 처리구는 3.61로 광합성미생물제를 처리할 때 다소 증가하였으며 인산, 가리 및 고토의 함량은 증가되었으며 배양상등액 별로는 처리농도가 진할수록 그 경향은 뚜렷했으며 석회의 경우는 감소되는 경향을 보였다. 또 고정된 질소의 량을 Table 16.에서 살펴보면 무처리

의 총질소 고정량은 38.6 kg / 10 a 이었고 균제처리를 할 때 질소고정량은 42.7 kg / 10 a 로 균제를 처리하였을때 약 4.30 kg / 10 a 가 증가된 결과를 얻었다 .

Table 16. 시설재배토양에서의 처리별 질소고정수지

구 분	총수확량(kg/10a)		질소고정량(kg/10a)			차감 (kg/10a)
	식물체건중	총수확과	식물체	수확물	계	
무처리(관행)	1,178	10,824	42.1	38.6	80.7	-
균제별(PSB)	1,153	11,836	41.6	42.7	84.3	4.30



Figure 12. 광합성미생물제 및 배양상등액 처리별 시험중인 시험포 내부 모습

제 5 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 연구목표 평가의 착안점

1 . 연구개발의 목표

가 . 토양개량용 광합성미생물제제의 개발 및 제품화

- 1) 광합성미생물의 토양개량을 위한 생리 , 생태 , 배양학적 특성조사
 - 가) 광합성미생물의 계통분류학적 분석
 - 나) 광합성미생물의 생리적 특성조사
 - 다) 다양한 영양원에 따른 성장도 조사
 - 라) 고농도 액비 , 칼슘제 등과의 혼용 가능여부
- 2) 토양개량용 미생물제제의 제품화
 - 가) 광합성미생물의 활성 유지를 위한 보존제 탐색
 - 나) 광합성미생물 배양액의 유기질 비료로의 제품화를 위한 조성보완
 - 다) 미생물제제의 제품 조성확정 및 제형결정 (유통기한연장 , 품질향상 등)
- 3) 국내외 인허가 획득 및 제품등록 및 제품출시
 - 가) 제품등록추진 (재배시험성적 , 필수성분 추가 및 물성변화연구)
 - 나) 해외수출을 위한 시장조사 (중국 , 동남아 ; 인도 등)

나 . 광합성미생물제제의 토양개량효과 및 작물반응연구

- 1) 논 재배 작물의 미생물제제 처리에 따른 토양개량효과 및 작물반응 검증
- 2) 시설재배작물의 미생물제제의 연용에 따른 토양개량효과

2. 평가의 착안점 및 기준

구분	세부연구개발 목표	가중치	평가의 착안점 및 기준
(주)두산 에코비즈넷	<ul style="list-style-type: none"> ○ 광합성미생물의 토양개량을 위한 생리, 생태, 배양학적 특성조사 ○ 미생물배양체의 토양적용을 위한 시제품 제작 	70 % 30	<ul style="list-style-type: none"> ○ 토양 유사 환경에서의 활성 및 생리적 특징 검증 ○ 광합성미생물의 제품화를 위한 공정개선과 보호제 탐색
전라남도 농업기술원	<ul style="list-style-type: none"> ○ 광합성미생물제제의 토양개량효과 및 작물반응 <ul style="list-style-type: none"> - 논토양의 토양개량효과와 작물 반응 구명 - 오이 시설재배토양의 토양개량 효과와 작물반응 구명 	50 (25) % (25)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 토양개량효과 <ul style="list-style-type: none"> - 논토양 개량효과와 벼 생육 및 수량반응의 차이점 도출 - 밭토양의 개량효과와 오이 생육 및 수량 차이점 도출
최종평가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 광합성 미생물제제의 토양 적용을 위한 생리적 특성 파악 및 효율 증대를 위한 보호제선별 ○ 광합성 미생물제제의 토양개량 효과 및 작물반응성 검증 		<ul style="list-style-type: none"> ○ 분자계통학적분류 규명, 염도, 혐·호기적 조건에서의 성장 ○ 제형 및 저장 조건에 따른 광합성미생물제제의 특성 ○ 광합성미생물제제의 논, 시설 토양에서 개량효과 검증

제 2 절 연구개발 수행내용 및 목표달성도

1 . 연구개발목표 달성도

목 표	연구개발 수행내용	달 성 도(%)
□ 세부연구과제		
토양개량용 광합성미생물제제의 개발 및 제품화	○ 광합성미생물의 토양개량을 위한 생리, 생태, 배양학적 특성조사	100 %
	○ 광합성미생물제제의 토양적용을 위한 시제품 제작	100 %
국내의 인허가 획득 및 제품등록 및 제품출시	○ 제품등록추진(성분분석 및 성분보완)	70 %
	○ 해외 수출을 위한 시장조사 (중국, 동남 아시아 등)	100 %
□ 협동연구과제		
광합성미생물제제의 토양개량 효과 및 작물반응	○ 벼 재배토양의 미생물제제 처리에 따른 토양개량효과 및 작물반응	100 %
	○ 오이 시설억제재배 미생물 제제 처리에 따른 토양개량효과 및 작물반응	100 %

2. 평가의 착안점에 따른 목표달성도에 대한 자체평가

평가의 착안점	자 체 평 가
<p>□ 세부연구과제 - 토양개량용 광합성미생물제제의 개발 및 제품화</p>	
<p>○ 토양개량용 광합성미생물제제의 개발 및 제품화</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 내염성, 호기·혐기조건, 영양원 요구도 등이 우수한 광합성미생물의 계통분자분류학적 자료를 통한 토양 미생물확인으로 제품화에 대한 타당성 명료해짐. ○ 보유 배양특허 기술을 유지시켜 줄 수 있는 이후 공정 선정 및 미생물제제의 사용 효율을 높여줄 수 있는 보호제 선별 및 제형이 결정됨.
<p>○ 국내외 인허가 획득 및 제품등록 및 제품출시</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 확실한 근거를 바탕으로 한 친환경유기농자재 등록을 위해서는 재배시험성적이 완료될 때까지 주목해야 함. <ul style="list-style-type: none"> ☞ 오이 재배시 증수 효과 기대됨. ○ 1차 산업이 발달한 중국, 인도 등 수출을 위한 준비사항이 필요함.
<p>□ 협동연구과제 - 광합성미생물제제의 토양개량효과 및 작물반응</p>	
<p>○ 벼 재배토양의 미생물제제 처리에 따른 토양 개량효과 및 작물반응</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 미생물균제종류에 따른 작물의 반응의 해석과 그 요인에 대한 토양개량효과 도출이 합리적이고 과학적임
<p>○ 오이 시설억제재배 미생물 제제 처리에 따른 토양개량효과 및 작물 반응</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 균제 및 배양 상등액의 토양처리에 따른 개량효과해석을 위한 다각적인 시도가 우수하며, 오이에 대한 처리효과가 긍정적임 <ul style="list-style-type: none"> ☞ 당초 개발목표인 친환경 유기농자재로서의 활용이 가능 ☞ 연구목표와 접근이 충실히 이행

제 6 장 연구개발결과의 활용계획

제 1 절 추가연구의 필요성

1. 논 토양에서 광합성미생물제제 처리에 따른 효과

우선 논 토양에서 광합성미생물은 다양하게 적용되어 그 효과를 볼 수 있다. 가령 최근 많은 농가에서 활용하는 친환경 유기농법 중 우렁이, 오리 농법 등은 잡초 제거 및 해충 제거를 먹이사슬을 이용하여 시행하고는 있지만, 이들로 인한 논물의 혼탁은 저질 부분이 정화되지 못하여 벼의 줄기 하단이 가스로 인해 까맣게 변하는 현상을 야기한다. 광합성미생물은 악취제거와 유기물 분해등이 우수함은 물론, EPS라는 점액물질을 생성할 수 있기에 토양의 입단 형성능을 우수하게 할 수 있으며, 이로 인해 보수력과 보비력 향상에 도움을 줄 수 있다. 이러한 광합성미생물에 대한 효과는 익히 알려져 있기에 여러 사람의 입에 오르내리며 사용되고 있으나, 실질적으로 얼마나 향상을 시킬 수 있는지에 대해 말할 수 있는 사람은 없을 것이다.

제 2 절 기업화추진방안

1. 친환경유기농업을 위한 프로그램 확립

가. 광합성미생물 배양 상등액의 기비화

광합성미생물 대사산물의 결정체인 배양 상등액을 유기비료화하여 다양한 효소와 양분의 공급으로 근권미생물과 식물체의 직접적인 영양원으로서의 이용이 가능할 것이다.

나. 광합성미생물제제의 토양개량

광합성미생물은 충분한 영양분이 함유된 토양에서는 활성이 우수하여 대기중 우수한 질소 고정능, 근권 미생물과의 공생 및 성장 촉진과 EPS 생성으로 인한 토양입단형성 최적화를 시킬 수 있다.

제 3 절 활용 계획 및 실적

- 1 . 오이 시설재배 광합성미생물의 처리효과 (2 0 0 8 . 5 토양비료학회 학술발표)
- 2 . 논 토양에서 광합성미생물제의 처리에 따른 토양개량 및 작물반응 (2 0 0 9 년 추계 학술발표 예정)
- 3 . 논 / 시설재배 토양에서의 광합성미생물제의 처리효과 (영농활용 2 건)
- 4 . 광합성미생물제의 유기농자재 등록 (2 0 0 8 . 9 월)

제 7 장 참고문헌

- 1) Bhuyan, M. K. I., C. M. Rico, L. O. Mintah, M. K. Kim. 2006. Effects of biofertilizer on growth and yield of rice. *Kor. J. crop Sci.* 51(4): 282 ~ 286
- 2) Hayano K., 1973. A method for the Determination of β -glucosidase Activity in Soil. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 19 : 103 ~ 108
- 3) Kobayashi, M 1992. Organic nutrition culture. *Hydroponics* 6(1):40 ~ 43
- 4) Takano. 1992. Approach to organic nutrition. *Hydroponics* 6(1):43 ~ 45
- 5) Nah. K. C., J. Y. Cho., and S. J. Chung. 1997. Effects of compost supplemented with cultured solution photosynthetic bacteria on the early growth of plug seeding of tomato. *Kor J Organic Agriculture* 5.(2):105 ~ 115.
- 6) 한기학, 박준규, 정이근, 이춘수, 윤정희, 김원출, 이상규. 1988. 토양화학분석법. 농촌진흥청
- 7) 박무언 등. 2000. 토양 및 식물체 분석법 - 물리, 화학, 미생물. 농업과학기술원.
- 8) 윤성탁, 박상현, 김영희. 2007. 미생물제제를 이용한 친환경 벼 생산체계에 관한 연구 - EM등 친환경농자재 처리수준이 벼 생육 및 수량에 미치는 영향. *한국유기농업학회지* 15(2):207 ~ 218
- 9) Cho, Ja-Yong · Nah, Kwang-Chul · Chung, Soon-Ju. 1998. Effects of Seed Immersion and Bacterialization into Peatmoss Compost with Culture Solution of Photysynthetic Bacteria on the Early Growth of Tomato Plug Seedlings. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 39(1): 24 ~ 29
- 10) M. Elgadry, H. Gamal-Eldin and Kh. Elbanna. 1999. Effects of *Rhodobacter capsulatus* inoculation in combination with graded levels of nitrogen fertilizer on growth and yield of rice in pots and lysimeter experiments. *World Journal of Microbioloty & Biotechnology* 15: 393 ~ 395
- 11) M. Elgadry and Kh. Elbanna. 1999. Response of four rice varieties *Rhodobacter capsulatus* at seedling stage. *World Journal of Microbioloty & Biotechnology* 15: 363 ~ 367
- 12) M. Elbadry, A. El-Bassel and Kh. Elbanna. 1999. Occurrence and dynamics of

phototrophic purple nonsulphur bacteria compared with other asymbiotic nitrogen fixers in ricefields of Egypt. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 15: 359 ~ 362

13) Yoo-Beom Lim, Nam-Soo Paek, and Young-Man Kim. 2001. Screening of Lactic Acid Bacteria for the Development of Probiotics and the Effect of Cryoprotectant Agents. *Korean J. Food & Nutr.* Vol. 14, No. 5, 441 ~ 445.

14) 이은주. 유용미생물(EM)을 이용한 환경친화적 농업과 환경보전<특집>. 환공연회지

15) Kyung-Min Choi, Jae-Kyung Yang, Eung-Roh Park, Jin-Woo Bae, Yong-Ki Seo, Sung-Taik Lee. 1997. A Fundamental Study on Utilization of Photosynthetic Bacteria Metabolites. *폐기물자원화* 제 5권 제 1호, 63 ~ 69

16) Kwang-Keun Oh, Cheol-Woo Lee, Yeong-Joong Jeon and Jae-Heung Lee. Formation of Microbial Films with Phototrophs in a Packed-Bed Reactor. 1996. *Kor. J. Appl. Mircobial. Biotechnol.* Vol. 24, No. 6, 733 ~ 737

17) 정대열 · 최양문 · 조홍연 · 양한철. δ -Aminolevulinic Acid 생산 광합성세균의 분리 및 배양 특성. 1997. *Agricultural Chemistry and Biotechnology.* Vol. 40, No. 6, 561 ~ 566

18) Mi-hi Chun, Chan-sub Lim, In-soo Kim, Seung-cho Park. Removal of ammonia-nitrogen and phosphate by photosynthetic bacteria. 1994. *Journal of Korean Society of Environmental Engineers.* Vol. 16, No. 1, 81 ~ 88